

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE
PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA EMPRESA ALFA TÉCNICA**

**AUTOR:
MIGUEL ÁNGEL BONILLA GONZÁLEZ**

**TUTORA:
CARMEN JOHANNA CELI SÁNCHEZ**

Quito, marzo 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Miguel Ángel Bonilla González, con documento de identificación N° 1720624590 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo de Titulación intitulado: “CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA EMPRESA ALFA TÉCNICA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana. Autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Quito, marzo 2019.



Miguel Ángel Bonilla González

C.I. 1720624590

CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, “CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS EN LA EMPRESA ALFA TÉCNICA”, realizado por Miguel Ángel Bonilla González, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo 2019.



Carmen Johanna Celi Sánchez

C.I. 171743780-8

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación está dedicado a mi padre Miguel Ángel Bonilla Yáñez quien con su ejemplo de trabajo y esfuerzo ha sido mi mejor motivación para crear un mejor futuro para mis hijas.

A mi amada esposa María Raquel Ripalda, quien con paciencia y voluntad firme me ayudo a superar cada uno de los problemas y dificultades que se presentaron en este largo trayecto académico.

A mis hijas Victoria y Sofía de las cuales espero el mejor de los futuros y que esta meta alcanzada sea para ellas una muestra de que todo trabajo y esfuerzo al final tiene una recompensa más grande.

Por último a mis hermanas Patricia, Alexandra, Cristina, Johana, a mi hermano Jonathan; a mis cuñados y sobrinos por todo el apoyo brindado y por poner su confianza en la obtención de este logro.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios, primeramente, por todas las bendiciones y la oportunidad de obtener este título.

A mi esposa e hijas por soportar mis malos ratos y darme valor cuando perdía las fuerzas.

A mi padre y hermanos por todo el apoyo, la paciencia y por confiar en mí aun en los tiempos difíciles de mi proceso académico.

A quienes conforman la Empresa Alfa Técnica, por toda la confianza que han depositado en mí y me han permitido desarrollar este proyecto académico de gran valor.

A mis maestros y compañeros de clase con quienes compartí conocimientos y experiencias académicas que enriquecieron mi mente y alma, de los cuales he tenido grandes amigos.

A mi tutora Johana Celi por toda la ayuda y apoyo en mi vida estudiantil; además de la recibida durante esta etapa final de la carrera. Sin dudas una excelente persona y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	I
CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO 1.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Delimitación del problema.....	2
1.3 Justificación del proyecto.....	2
1.4 Objetivos	2
1.4.1 Objetivo General	2
1.4.2 Objetivos específicos	2
CAPÍTULO 2.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Descripción de las normativas	4
2.2 Resumen de la normativa relevante del Informe 32 OMS anexo No. 1	4
2.2.1 Normativa referente a los equipos para envasado de fármacos	5
2.2.2 Resumen de otras normas vigentes en el diseño de maquinarias.....	6
2.3 Conceptos básicos	8
2.4 Modelos de máquinas envasadoras más comunes en la actualidad	10
2.5 Características constructivas para el diseño	13
2.5.1 Parámetros previos al diseño.....	14
2.6 Modelo matemático para actuadores neumaticos	15
2.6.1 Ecuación de fuerza de los cilindros neumáticos	15
2.6.2 Ecuación de consumo de aire de un cilindro neumático doble efecto	15
2.6.3 Cálculos de consumo de actuadores neumáticos	16
2.7 Aplicaciones similares y estado del arte	17

2.7.1	Aplicación 1	17
2.7.2	Aplicación 2	17
2.7.3	Aplicación 3	18
CAPÍTULO 3.....		19
DISEÑO DEL SISTEMA DE ENVASADO		19
3.1	Descripción del hardware.....	19
3.1.1	Cilindros doble efecto y electroválvulas de mando marca MetalWorks.....	19
3.1.2	Elementos de control, sensores y actuadores eléctricos.....	20
3.1.3	PLC S7-1200 CPU 1214C	20
3.1.4	Sensor de presión (presóstato) utilizado para envasado de canecas	21
3.1.5	Sensor magnético de final de carrera	21
3.1.6	Sensor de presencia	22
3.1.7	HMI Siemens KTP 700 Basic	22
3.2	Diseño de estructura mecánica.....	23
3.3	Diseño de circuitos eléctricos de control y potencia.....	25
3.3.1	Planos de conexiones	26
3.3.2	Planos de conexiones eléctricas de potencia.....	28
3.4	Lógica de programación del PLC y HMI.....	28
3.4.1	Diseño del programa implementado en PLC	28
3.4.2	Diseño de interfaz gráfica en HMI.....	30
3.5	Construcción de sistema de envasado	32
3.5.1	Módulo de envasado y tapado.....	33
3.5.2	Construcción de armazón de envasadora	34
3.5.3	Ensamblaje de controlador y hmi.....	36
3.5.4	Implementación de línea de provisión y transporte	38
3.6	Resumen de funcionamiento del sistema de envasado	38
3.6.1	Inicio del proceso de envasado	38
3.6.2	Rodillo transportador para provisión	39
3.6.3	Etapa de envasado	39
3.6.4	Etapa de cerrado de caneca	40
3.6.5	Transporte final	41
CAPÍTULO 4.....		43
PRUEBAS Y RESULTADOS		43
4.1	Análisis y resultados del sistema de envasado	43

4.2	Análisis del estado inicial del proyecto.....	44
4.2.1	Control visual de llenado de canecas previo la implementación	44
4.2.2	Análisis por peso del llenado de canecas previo la implementación	45
4.2.3	Tiempos de envasado y tapado de canecas antes de la implementación.....	46
4.2.4	Derrames y contaminación del ambiente	47
4.3	Análisis del estado final del proyecto	47
4.3.1	Verificación de nivel de llenado luego de la implementación del sistema	47
4.3.2	Análisis por peso canecas antes de la implementación de la envasadora	48
4.3.3	Tiempos de envasado y tapado de canecas antes de la implementación.....	49
4.3.4	Derrames y contaminación del ambiente	51
4.3.5	Comparación de beneficios obtenidos	51
4.4	Análisis de costos	52
4.4.1	Costos Directos	52
4.4.2	Costos indirectos	54
4.4.3	Cálculo del costo total de la máquina	55
	CONCLUSIONES	56
	RECOMENDACIONES	58
	REFERENCIAS	59
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. PLC siemens	10
Figura 2.2. Envasadores de líquidos viscosos	11
Figura 2.3. Envasadores de líquidos según el tipo de envase.....	11
Figura 2.4. Envasadores de líquidos según la cantidad de producción	12
Figura 2. 5. Envasadores de líquidos lineales	13
Figura 2.6. Sistema de envasado de líquidos.....	17
Figura 2.7. Prototipo de sistema de envasado y sellado de líquidos	18
Figura 2. 8 Envasadora de líquidos rehabilitada empresa qualipharm.....	18
Figura 3.1. Sensor magnético reed	22
Figura 3.2. Vista en 3d de diseño en autocad de estructura metálica.....	24
Figura 3.3. Vista en 3d de estructura metálica	24
Figura 3.4. Vista en 3d de parte móvil de soporte de manipulador de canecas	25
Figura 3.5. Vista en 3d de brazo manipulador	25
Figura 3.6 Circuito neumático de actuadores	26
Figura 3.7 Circuito eléctrico de electroválvulas y sensores	27
Figura 3.8. Circuito eléctrico de electroválvulas y sensores	28
Figura 3.9. Diagrama de flujo de lógica de programación.....	29
Figura 3.10. Pantalla de inicio hmi.....	30
Figura 3.11. Pantalla de menú inicial hmi.....	30
Figura 3.12. Pantalla de proceso	31
Figura 3.13. Construcción de estructura metálica	34
Figura 3.14. Construcción de estructura metálica colocación de paredes.....	35
Figura 3.15. Adecuación de tableros de control.....	35
Figura 3.16. Colocación de dispositivos en estructura de envasado.	36
Figura 3.17. Imagen de tablero de control y hmi en pruebas de funcionamiento	38
Figura 3.18. Rodillos transportadores utilizados en proyecto.....	38
Figura 3.19. Inicialización del proceso de envasado.....	39
Figura 3.20. Llenado de una caneca en la plataforma de llenado.	40
Figura 3.21. Módulo de tapado	41
Figura 3.22 Salida del producto de caneca de pruebas.....	41
Figura 3.23 Módulo de envasado y rodillos de transporte	42
Figura 3.24 Módulo de envasado y rodillos de transporte vista transversal	42
Figura 4.1 Variación de volumen entre canecas analizadas.....	44

Figura 4.2 Caneca vacía siendo pesada en balanza electrónica.	45
Figura 4.3. Imagen de una caneca derramada	47
Figura 4.4 Variación de volumen en canecas analizadas luego de implementación.	48
Figura 4.5 Gráfica comparativa de llenado antes y después de implementación.....	50
Figura 4.6 Gráfica comparativa de llenado por lote de 50 canecas.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Cálculos de consumo de aire cilindros neumáticos.	16
Tabla 3.1 Ficha técnica cilindros neumáticos	19
Tabla 3. 2 Ficha técnica electroválvula 5/2.....	20
Tabla 3.3 Ficha técnica cilindros neumáticos	20
Tabla 3.5 Ficha técnica de sensor de proximidad.	22
Tabla 3.5 Ficha técnica de hmi siemens.....	23
Tabla 3.6 Descripción de funciones de botones ventana de hmi	31
Tabla 4.2. Tiempo de envasado sin máquina.	46
Tabla 4.3 Análisis de llenado de canecas con sistema de envasado	48
Tabla 4.5 Análisis de llenado de canecas con sistema de envasado para acido.....	49
Tabla 4.6 Tiempo de envasado por producto	50
Tabla 4.7 Comparativa de logros alcanzados.....	52
Tabla 4.1. Análisis de costos estimados aproximados	53
Tabla 4.2. Precio total de la máquina.	55

RESUMEN

Alfa Técnica S.C es una empresa familiar ecuatoriana en expansión que se dedica a la implementación de sistemas de ordeño automático para vacas y dentro de todas sus áreas de acción y desarrollo se encuentra la elaboración de productos de limpieza y desinfección de utensilios, tuberías y equipos de ordeño mecánico y además productos de uso veterinario para desinfección de pezones de vacas. El crecimiento que en los últimos años ha tenido la Empresa permitió la implementación de un sistema de envasado, cuyos propósitos principales son disminuir el tiempo de envasado, mejorar la calidad final del producto, tener mayor precisión en el llenado, evitar derrames y facilitar las operaciones dentro del proceso productivo. En el documento se detalla cada uno de los componentes, elementos, recursos y planos estructurales utilizados en la etapa de diseño y la etapa de implementación del sistema. En cuanto a la programación realizada también se podrá observar un diagrama de flujo que sintetiza el funcionamiento del controlador en cada uno de los procesos realizados. El HMI en este proyecto permite que el operario pueda comunicarse, efectivamente, con la máquina de envasado. Con este proyecto se puede obtener como resultado tangible un método de envasado preciso, automático, libre de derrames y, principalmente, económico en su fabricación en comparación con otros sistemas que cumplen las mismas operaciones.

ABSTRACT

Alfa Técnica S.C is an expanding Ecuadorian company dedicated to the development of cleaning products for mechanical milking equipment and disinfection products for cow nipples. The growth that the company has had in recent years, the implementation of a packaging system, the main ones, the time of packaging, the final quality of the product, greater accuracy in filling, avoiding spills and facilitating operations within the process productive. The document details each of the components, elements, resources, and final plans used in the design stage and the implementation stage of the system. In terms of programming, you can also see a flow chart that summarizes the operation of the controller in each of the processes performed. The HMI in this project allows the worker to make the change with the packaging machine. With this project, you can obtain as a result a precise, automatic, spill-free and mainly economic packaging method in comparison with other systems that comply with the same operations.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de envasado tienen como finalidad impedir el contacto directo entre el operario y el producto final elaborado, ayudando a mantener altos niveles de inocuidad, dentro de sus principales características se encuentra la exactitud y la velocidad de llenado.

En el caso del sistema de envasado a utilizar en la Empresa Alfa Técnica, se podrá observar que este cumple con especificaciones técnicas que garantizan el correcto funcionamiento en la línea de producción, y este a su vez es construido específicamente para realizar este trabajo de la forma más efectiva y convenientemente posible para el interesado que en este caso es Alfa Técnica. Para el desarrollo de este proyecto técnico se seguirá este lineamiento según los siguientes temas.

En el capítulo 1 se describe la presentación de la problemática, justificativa y objetiva a cumplir con la realización de este proyecto.

El capítulo 2 recopila la teoría de cada uno de los parámetros y normas técnicas necesarias previo a la implementación del sistema de envasado, al igual que un pequeño marco teórico referencial que permitirá un correcto entendimiento de cada uno de los procedimientos a seguir.

El capítulo 3 contiene del diseño y la construcción de cada uno de los componentes del sistema a implementar, al igual que los procedimientos a seguir en la construcción de la máquina de envasado. Se podrá observar en este capítulo también los diferentes componentes tanto de software como hardware implementado.

El capítulo 4 describe la realización de pruebas y obtención de resultados de la utilización del sistema de envasado, además del análisis de los costos incurridos en la implementación de este sistema.

Finalmente, este documento presenta las conclusiones obtenidas del sistema de envasado y se considerará el cumplimiento de cada uno de los objetivos planteados, al igual que una breve descripción de recomendaciones que podrían favorecer en la toma de decisiones de proyectos futuros.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

Alfa Técnica S.C. es una Empresa que se dedica a la elaboración de productos químicos para la limpieza y desinfección de Equipos de Ordeño, se encuentra ubicada en la parroquia Amaguaña, al sur oriente de la Ciudad de Quito.

Alfa Técnica en su afán de mejoramiento en sus procesos productivos ha destinado para el año 2017, invertir en la implementación de un sistema automático de envasado, para lo cual ha considerado el diseño e implementación.

La situación actual de la Empresa indica que el proceso de fabricación de un lote de producto elaborado tarda aproximadamente 3 horas de los cuales el 75% del tiempo está destinado al envasado, sellado y etiquetado. Siendo el envasado y sellado de la caneca el que ocupa un 60 a 70% del tiempo de elaboración.

Además, cabe resaltar que la Empresa maneja su proceso de producción de forma manual, es decir con el uso de agitadores y mangueras para el llenado, esto último produce imprecisión en el envasado, debido a que el ser humano no puede alcanzar altos niveles de precisión y tiene una respuesta muy lenta al momento al ejecutar un cierre de emergencia, lo que podría ser causal de derrames o sobrellenado de envases.

Para lo cual se ha planteado este proyecto, el cual está enmarcado en dos ejes fundamentales, El primero en la disminución del tiempo de envasado, el cual considera no solo el proceso de llenado y sellado del envase, sino la disminución del posible impacto medio ambiental que podría generar un derrame producido por error humano.

Y el segundo que es la política de calidad de la Empresa Alfa Técnica, la cual considera que los clientes nunca deberán recibir menos producto del que están pagando al contrario la medida justa de producto terminado.

1.2 Delimitación del problema

La implementación del sistema de envasado será realizada en las instalaciones de Alfa Técnica. Todos los recursos económicos serán destinados por la empresa auspiciante.

El sistema consta de una plataforma para el envasado de canecas cuya capacidad de envasado será de una caneca a la vez. La plataforma de envasado no incluye los sistemas de transporte los cuales la empresa proporcionará al momento de la implementación, el sistema deberá adaptarse a estos de la mejor manera posible

El sistema de envasado no incluye los módulos de mezcla de productos puesto que estos ya existían antes del proyecto. El sistema no abarca en su implementación ningún módulo de etiquetado ni marcado, los cuales podrán ser implementados posteriormente.

1.3 Justificación del proyecto

Un sistema de mejor precisión y que permita la disminución de tiempos de envasado, lo cual representa un reto en el diseño del equipo, debido a que el sistema deberá trabajar envases de caneca de 20 L

El sistema permitirá llenar los envases de forma precisa sin desperdiciar ni perjudicar al consumidor final. Uno de los principales beneficios que se alcanzaría con la implementación además de la precisión, sería la disminución de los tiempos de envasado, lo cual promovería el mejor desempeño y uso del tiempo de los operarios de la fábrica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Construir un sistema automático para el envasado de productos químicos en la Empresa Alfa Técnica

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar la caracterización de los procesos actuales de la empresa y reconocer las principales variables que servirán como guía principal en el desarrollo del Proyecto Técnico.

- Diseñar los planos de las estructuras mecánicas que servirán como soportes y anclajes de los diferentes sensores y actuadores que permitirán la automatización del proceso.
- Construir la estructura mecánica y realizar el diseño del sistema de automatización de acuerdo a las características del proceso de envasado.
- Implementar la automatización del proceso de envasado de productos químicos utilizando como herramientas de control, un PLC, sensores, actuadores, controlado desde un panel de control y supervisión desde un computador mediante HMI.
- Realizar las pruebas de tiempo y nivel necesarias para determinar el correcto funcionamiento del sistema automatizado.

El beneficiario principal de este proyecto es la Empresa Alfa Técnica, ya que los procesos de envasado mejoran sustancialmente los tiempos de proceso y la calidad de los productos, puesto que, al ser una empresa catalogada como fabricante de productos químicos para la industria alimenticia, los requerimientos de asepsia son altamente demandados.

Dentro del grupo de beneficiarios se encuentra el personal que labora en la institución, debido a que mejora la calidad del trabajo, evita malas posturas, disminuye horas extras innecesarias y sobre todo crea confort al operario y al empleador.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

Este capítulo trata sobre las normativas, los conceptos básicos y la descripción de los principales dispositivos que serán utilizados en la construcción del Sistema de envasado para Productos Químicos.

2.1 Descripción de las normativas

Considerando que la entidad reguladora de los productos a ser manipulados por la Empresa Alfa Técnica es el Ministerio de Ganadería por medio de la entidad pública Agrocalidad. Este capítulo también tratará un corto resumen de los diferentes protocolos y normas relacionados con la utilización de maquinarias y dispositivos para la elaboración de productos desinfectantes y veterinarios utilizados en la Ganadería. La normativa actual vigente es la Resolución 179 de Agrocalidad, la cual está basada en el manual de inspección del Informe 32 de la OMS para Buenas Prácticas de Manufactura.

Tomando en consideración que el proyecto técnico de titulación es de carácter constructivo de una máquina se tomara también en cuenta algunas normas de otras Normas Vigentes en el diseño y construcción de maquinarias.

2.2 Resumen de la normativa relevante del Informe 32 OMS anexo No. 1

2.2.1 Concepto de envasado

Según se encuentra en el Glosario del Anexo 1 del Informe 32, los sistemas de envasado constituyen todas las operaciones de llenado y etiquetado a las que va a ser sometido un producto terminado a granel.

“Todas las operaciones, incluyendo las de llenado y etiquetado, a las que tiene que ser sometido un producto a granel para que se convierta en un producto acabado. El llenado estéril no sería considerado normalmente como parte del envasado, ya que se entiende por producto a granel el contenedor primario lleno, pero que aún no haya sido sometido al envasado final.” (Organizacion Mundial de la Salud, 1990)

2.2.2 Concepto de Garantía de calidad

El numeral 1 del Informe 32 de la OMS Anexo 1 señala que las garantías de calidad es el conjunto de normativas que garantizan que los productos farmacéuticos y de desinfección tengan por lo menos la calidad mínima necesaria para el uso para el que fue creado.

Dentro de esta categoría se encuentran la calidad de la materia prima, la calidad de los procesos de elaboración, los correctos procedimientos de manufactura, el personal calificado en las operaciones productivas y lo que tiene que ver con nuestro propósito de implementación, el quipo y la instrumentación necesaria para realizar el proceso productivo.

2.2.1 Normativa referente a los equipos para envasado de fármacos

Artículo 11.23 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Señala que los dispositivos utilizados para el envasado de productos a granel tener un terminado suave, libre de grietas y aberturas, que no desprenda partículas al contacto con los químicos, que sea de fácil limpieza y que pueda ser desinfectable.

Artículo 11.27 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Relata que las instalaciones de envasado deberán ser diseñadas y planificadas de tal forma que eviten la contaminación cruzada.

Artículo 12.1 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Los equipos deben ser construidos y ubicados según la aplicación a la cual está destinada, además deberá estar diseñado de tal forma que disminuyan al máximo el riesgo de contaminación medio ambiental y del producto terminado.

Artículo 12.3 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Las tuberías deberán ser bien identificadas con carteles según el contenido que transporte y también la dirección del flujo.

Artículo 14.30 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Los equipos deberán ser limpiados después de cada producto elaborado, por lo tanto, el sistema deberá garantizar la fácil limpieza, este proceso debe estar detallado en una guía de usuario.

Artículo 18.15 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: En cuanto a los equipos se debe documentar un procedimiento de Mantenimiento con un cronograma que garantice que el equipo se encuentre en buenas condiciones y operativo para el fin para el que fue creado.

Artículo 18.18 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Los Equipos y accesorios defectuosos deben ser identificados adecuadamente deberán ser reparados o reemplazados inmediatamente antes de ser utilizados nuevamente.

Artículo 18.43 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Se debe tener principal cuidado en los materiales de los dispositivos relacionados con el envasado, vigilando que no tengan ninguna reacción química con los componentes de los productos terminados.

Artículo 18.43 del Informe 32 de la OMS Anexo 1: Es necesario establecer procedimientos de control de calidad en el envasado. (Organizacion Mundial de la Salud, 1990)

2.2.2 Resumen de otras normas vigentes en el diseño de maquinarias

La Norma principal a tomar en cuenta en la construcción de este sistema automático de envasado deberá contemplar los requerimientos básicos para la construcción de maquinarias detallados en la normativa de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) que señala el título de documento Seguridad y Salud en la Utilización de la Maquinaria.

Artículo 3.1.1: Las máquinas deberán ser construidas de materiales que no generen ni pongan en peligro la salud y seguridad de las personas y procesos, deberán ser diseñadas de tal manera que prevengan riesgos en el llenado, recuperación y drenaje de líquidos.

Artículo 3.2.1-3: La máquina deberá tener la iluminación adecuada que permita visualizar los puntos críticos del proceso y de ser necesario en el diseño se incluirá de iluminación artificial a las áreas donde será necesario realizar mantenimiento periódico, ajuste e inspección.

Artículo 3.3: La máquina deberá garantizar la movilización y el cambio de ubicación, de manera fácil y cuidando la seguridad en el transporte.

Artículo 3.4: Los diseñadores deberán garantizar la ergonomía, de tal manera que se reduzca al mínimo las posibles molestias, Fatiga y el estrés físico del operario.

Artículo 3.4: El puesto de Control deberá estar colocado en un lugar que garantice que el operador estará seguro ante cualquier eventualidad en la máquina.

Artículo 4.1: El Sistema de Mando (Control) deberá estar diseñado de modo que garantice el menor número posible de errores y peligros.

- a) Contemplar situaciones ajenas a la máquina que puedan generar accidentes.
- b) Medidas de seguridad contra defectos en equipos.
- c) La máquina no deberá encenderse inesperadamente.
- d) La máquina no debe descontrolarse súbitamente-.
- e) Deberá tener un paro de emergencia y un paro general que no puedan ser revocados con facilidad.
- f) Deberá existir la garantía de la inmovilización inmediata de las piezas móviles.

Artículo 4.1: La máquina deberá estar equipada de los indicadores visuales, auditivos o táctiles que sean necesarios para una operación segura.

Artículo 5: La máquina debe estar protegida contra daños mecánicos y rupturas que podrían afectar la integridad del operario.

Artículo 6.1: La máquina deberá estar provista de un mecanismo de disminución y limitación de acumulación de cargas estáticas o fugas de corriente eléctrica

Artículo 6.7-10: La máquina deberá estar diseñada de tal manera que evite los riesgos de incendio, de explosión, ruido excesivo, radiación y vibraciones.

Artículo 6.15-16: El diseñador deberá contemplar un sistema que impida que el operario pueda quedar atrapado, resbalar, tropezar o caer sobre la máquina. (Organización Internacional del Trabajo, 2013)

2.3 Conceptos básicos

- Sistema de envasado

Es un mecanismo controlado sistemáticamente con la finalidad de introducir un producto, sea este líquido, sólido o gaseoso dentro de un recipiente, en virtud que este se lo pueda realizar de forma secuencial y en serie conservando su inocuidad el mayor tiempo posible. (EDUCALINGO, 2017)

- Contaminación Cruzada

Es la contaminación de un producto químico por otro, que afecta la estabilidad, concentración, eficacia o durabilidad a largo o corto plazo, que podría afectar el estado ideal y natural del producto original.

La contaminación cruzada se presenta por contacto y movilización de gases volátiles dentro de un espacio cerrado o entre envases mal tapados o rotos. (California Sstate Compensation Insurance Fund, 2014)

- Automatización Industrial

Es la rama que estudia los métodos de simplificación de los procesos productivos realizados por el hombre, por medio de varias técnicas y ramas del conocimiento aplicado, con la finalidad de brindar mayor precisión, operatividad, y calidad en los procedimientos secuenciales destinados a la generación de un producto final desarrollado por el ser humano, brindando tranquilidad y fiabilidad a los procesos. (Aldakin, 2017)

- Sistemas de Control

Es un conjunto técnicas utilizadas para realizar la supervisión, monitoreo y operación de diferentes procesos en la rama de la industria, con la finalidad de generar un procedimiento ordenado en la ejecución de un proceso productivo.

- **Interfaz Hombre Maquina**

Conocido como HMI, es un dispositivo o conjunto de dispositivos instalados en una máquina de tal manera que el operario pueda interactuar de una forma amigable y basada en pasos preestablecidos con la máquina, tomando en cuenta que existen varios parámetros útiles que se pueden obtener o delegar en un sistema automatizado.

- **Proceso de control ON/OFF**

Este tipo de control llamado Todo o Nada, se define por el estado de la variable a manipular cuya señal estará únicamente en dos posiciones hábiles, ON para encendido y OFF para apagado, sin valores intermedios. Un proceso con este tipo de control a menudo es muy impreciso si se lo realiza con relés o contactores debido al retardo característico de los dispositivos. A la vez este tipo de método es muy útil cuando el estado de funcionamiento de los dispositivos es estable y prolongado en el tiempo. (Control ON/OFF o Todo o Nada, 2018)

- **PLC**

En español se denomina Controlador Lógico Programable y es conocido comúnmente como autómatas programables, este tipo de dispositivo de ingeniería es utilizado para automatizar procesos eléctricos y mecánicos en una máquina o varias máquinas que cumplen diferentes funciones dentro de un proceso productivo.

Los autómatas programables son utilizados comúnmente en máquinas de fábricas de ensamblaje, líneas de montaje o de producción, debido a la robustez, la capacidad de procesamiento de varias señales a la vez y la facilidad de incrementar módulos de entradas y salidas que permiten utilizar varios dispositivos y máquinas en una línea de producción.

Dentro de las principales características de un PLC se encuentran la compatibilidad con todos los equipos y dispositivos eléctricos y electrónicos, debido a la capacidad de comunicarse mediante módulos de transferencia de datos, tales como módulos Profibus, Modbus, Ethernet, entre otros.

Dentro de las características más importantes de los PLC son la capacidad de introducir tantas señales como le sean posibles gracias a los módulos de expansión de entradas y

salidas, sean estas analógicas o digitales. El PLC dentro de sus características principales cuenta con contadores, memorias, temporizadores que permiten al usuario un fácil manejo de las variables y funciones

Figura 2.1. PLC Siemens



PLC Siemens Modelo S7-1200 CPU 1214C. Fuente: (ADAJUSA, 2017)

2.4 Modelos de máquinas envasadoras más comunes en la actualidad

En la industria podemos encontrar un sin número de sistemas de envasado y su categorización dependerá siempre de la característica física del producto a envasar, se puede dar el caso de productos sólidos cuyo envasado se lo conoce comúnmente como empaquetado, otros productos cuyo grado de inocuidad requieren de medidas cautelares más avanzadas las conocemos como sellado al frío, al vacío o al calor. Estos productos sin dudas representan un complejo sistema de embalaje que por su diseño y complejidad podrían estar enmarcados en otras categorías.

El control de un correcto llenado de productos sólidos se los realiza por pesaje. En el caso de los productos líquidos, gelatinosos y semisólidos, se los debe envasar con sistemas con el uso de bombas y controles precisos de llenado, debido a que en muchos casos los líquidos pueden generar un gran reto a la hora de controlarlos debido a que varios productos suelen generar grandes cantidades de espuma o podrían en otros casos producir gran dificultad de llenado debido a la viscosidad misma del producto.

Figura 2.2. Envasadores de líquidos viscosos



Envasadora de piston. Fuente: (POSTPACK, 2009)

Otra variable a tomar en cuenta al momento de envasar un producto suele ser la presentación comercial del mismo, debido a que un mismo producto puede ser ofertado en más de una presentación, por lo que los diseñadores de máquinas tienen como propósito crear máquinas versátiles adaptables a varias presentaciones.

Figura 2.3. Envasadores de líquidos según el tipo de envase



Envasadora por pesaje electronico para grandes volumenenes. Fuente: (PROCESOS CONTINUOS, 2018)

El sistema más usado en la industria de los Semisólidos, gelatinosos y compuestos viscosos es el de vaciado por pistones cuya función es succionar en una cámara todo el producto necesario para completar el envase y luego administrarlo de una forma segura y sin derrames, el único inconveniente que podría presentarse es la generación de burbujas en la cámara de succión.

Pero para el envasado de líquidos encontramos un sin número de técnicas y de procesos de envasados, que dependerán del volumen, la espuma, la estabilidad química y la facilidad del transporte.

El sistema más comúnmente usado en la industria de bebidas es el envasado rotativo el cual consiste en un sistema de rotación acoplado a varias válvulas, las cuales al girar alrededor de una estructura logran llenar el líquido necesario en el envase por medio de un control netamente mecánico. Este método es utilizado para envases de pequeño volumen, pero de gran escala de producción logrando envasar entre 30 a 800 botellas por minuto.

El tercer tipo de sistemas de envasado es el llamado Lineal o de múltiples etapas el cual consiste en un conjunto de módulos conectados en serie, es decir uno detrás del otro.

Los sistemas de envasado modulares son utilizados en la industria cuando los recipientes en los que se va a envasar son de capacidades superiores a los 4 litros es decir superiores a 1 galón, razón por la cual este sistema tiene tantas variantes como sus múltiples aplicaciones en la industria.

Figura 2.4. Envasadores de líquidos según la cantidad de producción



Envasadora rotativa telescópica. Fuente: (WATER PRODLINE, 2018)

Cada método de envasado debe cumplir varias expectativas en su implementación, las más importantes son:

- Evitar la contaminación producida por la manipulación humana sobre productos sensibles.
- Reducir al mínimo el impacto medio ambiental debido a derrames y mala manipulación

- Reducir espacio en las plataformas de envasado.
- Reducir tiempos de envasado asegurando la calidad y cantidad correcta en el envase.
- Sistematizar un proceso productivo a gran escala.

Para la implementación de este proyecto técnico se considerará el tercer tipo de sistema de envasado, es decir un sistema de envasado lineal ya que se contará con dos modelos tipos de envase cuyo volumen es de 4 litros y 20 litros.

El sistema deberá estar construido de tal manera que pueda modificarse la provisión de los envases sin realizar modificaciones a la estructura, sino que únicamente las guías que permitirán el transporte de los envases.

Figura 2. 5. Envasadores de líquidos lineales



Envasadora linal multi-etapas Fuente:innovar. (INNOVAR, 2018)

2.5 Características constructivas para el diseño

De acuerdo con los requisitos mínimos que Agro-calidad exige, como entidad reguladora gubernamental destinada al control de empresas que elaboran insumos agropecuarios, se han considerado los siguientes aspectos en relación a los materiales, así como en lo referente al cuidado sanitario y ambiental:

- Todos los dispositivos que se encuentre en contacto con cualquier sustancia o producto terminado serán construidos en Acero Inoxidable.
- El sistema deberá ser lavable y con superficies lisas sin rugosidades, ni porosidades, donde no se puedan albergar productos que podrían disminuir la calidad final del producto,

- c. El sistema deberá contar con un componente de recuperación de líquidos con el propósito de impedir la contaminación al medio ambiente, a los operarios o a la calidad del producto final.
- d. El sistema deberá contar con un Procedimiento Operativo Estándar que permita tomar las siguientes acciones en el tiempo:
 - Realizar mantenimientos programados preventivos.
 - Utilización de manuales de calibración de instrumentos y equipos.
 - Rutinas de lavado, limpieza de estructuras y tuberías.
 - Protocolos de uso.
 - Procedimientos de almacenamiento, modificación, cambio total o parcial del sistema y destrucción del mismo.

Debido a que la Norma Nacional determina como parámetro fundamental que los productos agropecuarios deberán ser tratados de la misma manera que se trata a los productos farmacéuticos y veterinarios será necesario utilizar para este proyecto los siguientes materiales:

- a. Acero Inoxidable grado alimenticio de numeración AISA 316L para tuberías y dispositivos de control debido a su gran calidad y resistencia a los productos químicos ácidos y básicos.
- b. Acero Inoxidable grado alimenticio de numeración AISA 304 para estructuras y cubiertas externas. Se utilizará este material debido a que no estará expuesto a los productos terminados.

2.5.1 Parámetros previos al diseño

El sistema tiene como característica fundamental la disminución de tiempos de trabajo, al igual que la eliminación de la mano humana en el proceso de envasado, por lo tanto, es fundamental considerar en el diseño la necesidad de implementar un sistema de manipulación automático de los envases a ser llenados. Tomando en cuenta los siguientes parámetros.

- a. La base de envasado no deberá contener piezas ni partes móviles que desestabilicen la caneca en el momento del llenado.

- b. Las canecas deberán ocupar por lo menos dos posiciones en la plataforma de envasado.
- c. La plataforma de llenado deberá ser construida de tal manera que admita la posibilidad de envasar más de dos tipos de presentaciones de caneca. Parámetro requerido por el auspiciante.
- d. Deberá poseer una sola vía de acceso y salida de los envases y barreras de protección para no gire la caneca una vez ingresada a la plataforma.

El sistema de llenado también deberá poseer un control de llenado adecuado, de tal manera que los componentes y los materiales sean fácilmente reemplazables y no sean vulnerables a los agentes químicos a envasar. Los controladores, elementos y dispositivos de control deberán ser colocados con las protecciones mínimas para su buen funcionamiento, es decir con la cubierta apropiada de ser necesario.

2.6 Modelo matemático para actuadores neumaticos

2.6.1 Ecuación de fuerza de los cilindros neumáticos

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ec. (2.1)}$$

Donde:

P= Presión en N/cm²

F= Fuerza en Newton (N)

A= Área de la superficie del embolo.

2.6.2 Ecuación de consumo de aire de un cilindro neumático doble efecto

Ecuación para determinación de la superficie del embolo en avance y retroceso.

Superficie en avance,

$$A_{avance} = \frac{\pi \times D_e^2}{4} \quad \text{Ec. (2.2)}$$

Superficie de retroceso,

$$A_{retroceso} = \frac{\pi \times (D_e^2 - D_v^2)}{4} \quad \text{Ec. (2.3)}$$

Ecuación para determinar el volumen de aire consumido por cada ciclo.

$$V_{c1} = V_{avance} + V_{retroceso} \quad \text{Ec. (2.4)}$$

$$= \left(\frac{\pi \times D_e^2}{4} \times l \right) + \left(\frac{\pi \times (D_e^2 - D_v^2)}{4} \times l \right)$$

Ecuación para el cálculo del consumo de aire por cada min.

$$Q_1 = V_1 \times \frac{\text{ciclos}}{\text{min}} \quad \text{Ec. (2.5)}$$

2.6.3 Cálculos de consumo de actuadores neumáticos

La capacidad ideal del compresor dependerá enteramente de la demanda por hora que tengan los elementos neumáticos en el sistema. Se utilizarán cilindros con carreras de 300, 200 y 100 mm.

Tomando en cuenta las fórmulas del cálculo de la fuerza de un cilindro neumático doble efecto se detallará a continuación la fuerza en avance y retroceso que producirá cada cilindro según sea su diámetro y avance.

Tabla 2. 1. Cálculos de consumo de aire cilindros neumáticos.

Dispositivo	Dimensiones	Formulas	Área: 1. Avance 2. Retroceso (m ²)	Fuerza de avance	Fuerza de retroceso (N)	Volumen de aire por ciclo (m ³)	Demanda por hora (m ³ /h)
Cilindro Neumático doble efecto ø 50mm	D _e =50mm D _v =16mm l= 300mm P= 6 bar	Ec. 2.1 Ec. 2.2 Ec. 2.3 Ec. 2.4 Ec. 2.5	1.-0,00196 2.-0,00176	1176	1056	0,00112	0,2
//Cilindro Neumático doble efecto ø 40mm	D _e =40mm D _v =12mm l= 200mm P= 6 bar		1.-0,00126 2.- 0,00114	756	684	0,00048	0,086
Cilindro Neumático doble efecto ø 32mm	D _e =32mm D _v =10mm l= 100mm P= 6 bar		1.- 0,0008 2.- 0,00073	480	438	0,00015	0,027

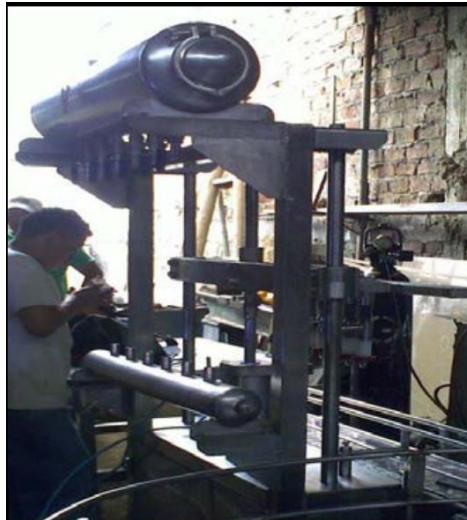
Tabla de características técnicas cálculos de cilindros neumáticos. Elaborado por: Miguel Bonilla

2.7 Aplicaciones similares y estado del arte

2.7.1 Aplicación 1

El proyecto titulado Diseño e implementación de máquina flexible para envasado de líquidos, desarrollada por Henry Navarrete y Edison Campoverde, en el año 2010, en la ciudad de Guayaquil, muestra como resultado final la construcción de un sistema de envasado para líquidos, rescatando de este trabajo el modelamiento mecánico y la secuencia de funcionamiento, los cuales son importantes en el desarrollo de este tema en particular. A continuación, se detallará una imagen del producto final de esta tesis citada. (Navarrete, 2010)

Figura 2.6. Sistema de envasado de líquidos



Envasadora de líquidos tesis de grado de Navarrete y Campoverde

Fuente. (Navarrete, 2010)

2.7.2 Aplicación 2

La tesis titulada Diseño y construcción de un prototipo automatizado para los procesos de envasado y taponado para la elaboración de productos líquidos, desarrollada por Jonathan Chiriboga y Manuel Romero, en el 2010, en la ciudad de Loja, detalla en su contenido importante información referente a la teoría de cada uno de los dispositivos utilizados para la construcción de sistemas de envasado, enfocándose principalmente en los diferentes métodos de envasado, tapado y sellado de botellas. Es necesario recalcar que los autores generaron un prototipo de su investigación para la Universidad. A continuación, se detallará una imagen del producto final de esta tesis citada. (Chiriboga & Romero , 2010)

Figura 2.7. Prototipo de sistema de envasado y sellado de líquidos



Prototipo de envasadora de líquidos tesis de grado de Chiriboga y Romero. Fuente: (Chiriboga & Romero , 2010)

2.7.3 Aplicación 3

La tesis titulada Automatización de una máquina dosificadora de líquidos Groninger DFV- 6001, desarrollada por Wilson Vargas, en la ciudad de Ibarra en el 2013, detalla en su contenido la reincorporación de una máquina usada a la línea de producción en la Empresa Qualipharm, la cual en su estado inicial estaba inhabilitada debido a su año de fabricación y la falta de componentes. La tesis muestra el proceso de repotenciación y cambio de dispositivos de control que para fines de este proyecto técnico son muy útiles. (Vargas, 2013)

Figura 2.8. Envasadora de líquidos rehabilitada empresa Qualipharm.



Sistema de envasado de líquidos funcionando de tesis Wilson Vargas.

Fuente. (Vargas, 2013)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA DE ENVASADO

Este capítulo detalla la descripción de los componentes implementados en la construcción del sistema de envasado, al igual que los planos de diseño y construcción de estructuras, planos eléctricos, neumáticos y de tableros de control que permitirán la implementación del sistema de envasado

Además, en este capítulo se detalla la construcción, el desarrollo y los diferentes métodos utilizados en implementación y construcción de las diferentes estructuras, mecanismos, circuitos y el acoplamiento de los diferentes dispositivos que permitirán hacer posible el funcionamiento del sistema de envasado.

3.1 Descripción del hardware

3.1.1 Cilindros doble efecto y electroválvulas de mando marca MetalWorks

- Cilindros Neumáticos

Por las características constructivas de la estructura se utilizarán los siguientes cilindros con las siguientes características.

Tabla 3.1 Ficha técnica cilindros neumáticos


DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Norma constructiva.	ISO 15552 (Ex ISO 6432) serie 3	
Presión máxima de trabajo	10 bares / 145 psi	
Presión mínima de trabajo	2 bares	
Temperatura de funcionamiento	-10°C ; +80°C	
Lubricación	No requerida	
Otros.	Avance máximo Amortiguado.	

Tabla de características técnicas de cilindros neumáticos. Fuente: (metalworks, 2016)

Figura. Cilindro neumático marca Metalwork similar al utilizado Fuente: (ADAJUSA, 2017)

- **Electroválvulas**

La elección de las válvulas 5/2 fue realizada debido al tipo de trabajo que realizaran los cilindros y el número de tomas de aire que contienen.

Tabla 3. 2 Ficha técnica electroválvula 5/2


DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Modo de accionamiento	Eléctrico / Servo pilotado	
Voltaje	24V DC	
Otros	Luz piloto rojo solenoide encendida.	

Tabla de características técnicas de válvulas utilizadas. Fuente: (metalworks, 2016)

Figura. Electroválvula 5/2 marca Metalwork (ADAJUSA, 2017)

3.1.2 Elementos de control, sensores y actuadores eléctricos

Para el control de los actuadores y sensores se consideró dispositivos que puedan ser versátiles, fáciles de manipular, que permitan todas las seguridades y facilidades posibles para la implementación del proyecto, dentro de los elementos más importantes se encuentran los siguientes:

3.1.3 PLC S7-1200 CPU 1214C

La elección por este dispositivo se definió, principalmente, por la necesidad de control de varios dispositivos, debido a su gran cantidad de puertos digitales de entrada y salida, así como las facilidades que presenta al momento de implementar un programa en la máquina a construir.

Tabla 3.3 Ficha técnica cilindros neumáticos


DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Alimentación:	110/220V AC	
Entradas Digitales	14	
Entradas analógicas	2	
Salidas digitales	10 tipo relé	
Comunicación:	Profinet mediante puerto Ethernet	
Acepta módulos entradas y salidas	Si	

Tabla de características técnicas de PLC Siemens S7-1200.

Fuente: (CONRAD, 2017)

Otra de las cualidades fundamental en la elección del dispositivo es la robustez y versatilidad de implementación y la adaptación del dispositivo a trabajos de alto desempeño.

3.1.4 Sensor de presión (presóstato) utilizado para envasado de canecas

Este tipo de sensor fue utilizado debido a la generación de espuma en el envase al momento del llenado, descartando en primera instancia al sensor de nivel por ultrasonido, debido que presenta lecturas falsas, se descartó también como instrumento de medición una galga extensiométrica debido a que al ser un producto altamente oxidante y corrosivo cualquier derrame sobre la estructura podría afectar le funcionamiento o la vida útil.

Cabe recalcar que este sensor es utilizado en la industria como sensor de nivel para cisternas, funciona como interruptor con la singularidad de que se puede regular el nivel al que conmutara el circuito.

Tabla 3.4 Ficha técnica de presóstato


DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Modo de funcionamiento:	ON/OFF	
Voltaje máximo:	120V	
Presión absoluta de corte.	12 a 28 mbar regulable.	
Alimentación.	No requiere	

Tabla de presóstato de presión absoluta regulable entre 12 a 28 mbar.

Fuente: (EUNASA, 2016)

3.1.5 Sensor magnético de final de carrera

Se utilizará los sensores magnéticos de presencia como finales de carrera de los cilindros neumáticos más importantes y que requieren de un control preciso. Se utilizará los dispositivos descritos a continuación:

- Alimentación: 24 V DC
- Tipo de sensor: Reed.

Figura 3.1 Sensor Magnético Reed



Sensor Magnético tipo Reed Metalwork. Fuente: (metalworks, 2016)

3.1.6 Sensor de presencia

Se utilizará sensores de presencia en cada uno de los puntos donde se posicionarán las canecas para el proceso de envasado.

Tabla 3.5 Ficha técnica de Sensor de Proximidad.


DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Modo de funcionamiento:	ON/OFF	
Tipo de sensor.	NPN señal discreta.	
Distancia máxima de detección	100 mm	
Alimentación.	24 V	


Tabla sensor de proximidad de alcance de hasta 10 cm

Fuente: (CONRAD, 2017)

3.1.7 HMI Siemens KTP 700 Basic

Este dispositivo de visualización será utilizado como principal herramienta de control en el proceso de encendido, configuración y control de los procesos que se realicen en la envasadora. Se escogió este dispositivo debido a la compatibilidad con el PLC.

Tabla 3.5 Ficha técnica de HMI SIEMENS

DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO	
Alimentación.	24 V DC	
Comunicación	Puerto Ethernet, Profinet, Modbus, Ethernet/IP.	
Dimensión de Pantalla	7 pulgadas	

Pantalla táctil marca Siemens KTP 700 PN. Fuente: (CONRAD, 2017)

3.2 Diseño de estructura mecánica

Para la implementación del proyecto se optó por la construcción de todas las estructuras metálicas que sean utilizadas, la empresa auspiciante financia y construye cada uno de los mecanismos y estructuras en base a las especificaciones diseñadas por el autor y según las necesidades impuestas por la empresa beneficiaria.

Los planos en 2D y 3D fueron realizados en el software de dibujo AUTOCAD, debido a la facilidad de uso y las prestaciones que presenta frente a otros programas de similares características. Los planos de cada uno de los componentes serán adjuntados en la sección de anexos según el siguiente listado. Para mejor comprensión de los componentes dibujados se colocará a continuación capturas en 3D de cada uno de los componentes del sistema construido.

A continuación, se detallarán las capturas de diseño en AutoCAD cuyos planos se adjuntan en la sección de anexos según el siguiente orden:

- Anexo 1. Plano constructivo de estructura metálica.
- Anexo 2. Plano constructivo de soporte móvil de manipulador.
- Anexo 3. Plano constructivo de manipulador móvil.
- Anexo 4. Plano constructivo de soporte para boquillas, boquillas y tapadora

Figura 3.2. Vista en 3D de diseño en AutoCAD de estructura metálica.

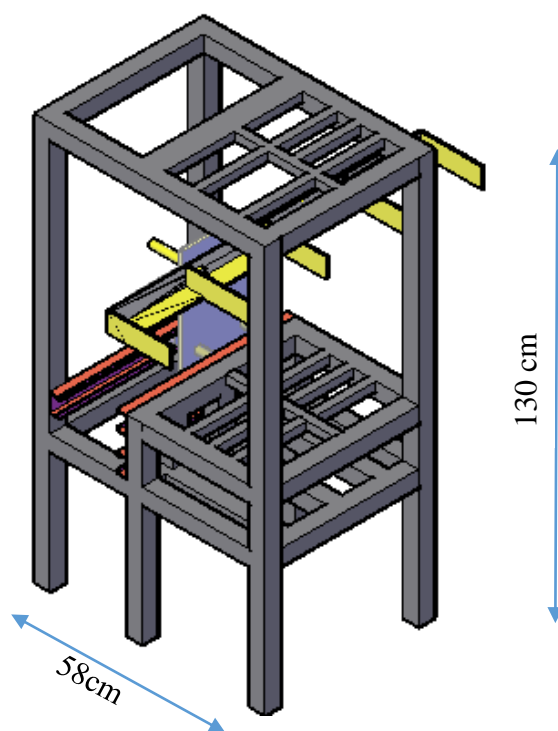


Imagen en 3D de estructura parcial diseñada y ensamblada en el proyecto. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.3. Vista en 3D de estructura metálica

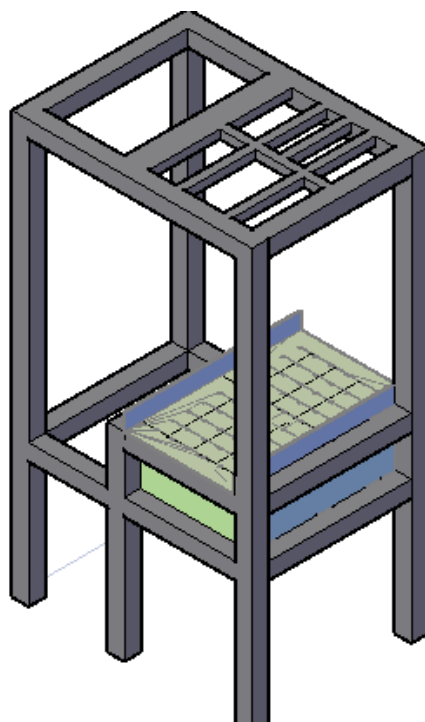


Imagen en 3D de estructura metálica. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.4. Vista en 3D de parte móvil de soporte de manipulador de canecas

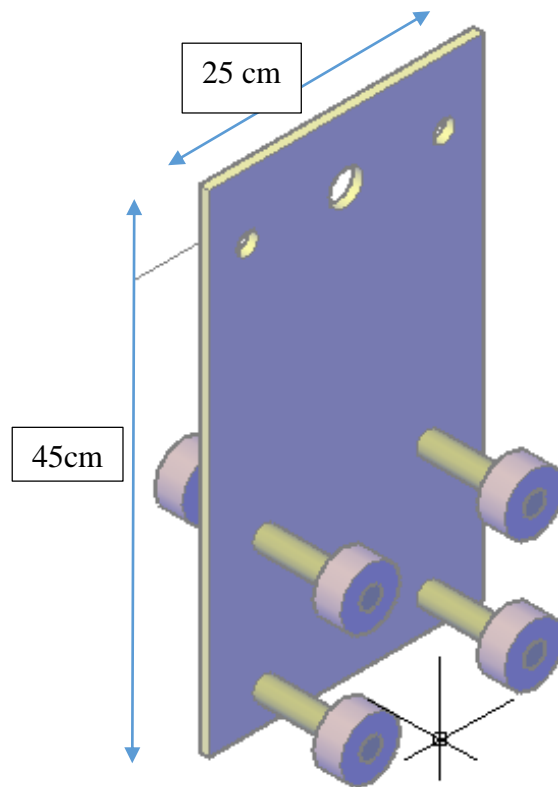


Imagen en 3D de soporte móvil del manipulador de canecas. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.5 Vista en 3D del brazo manipulador de canecas

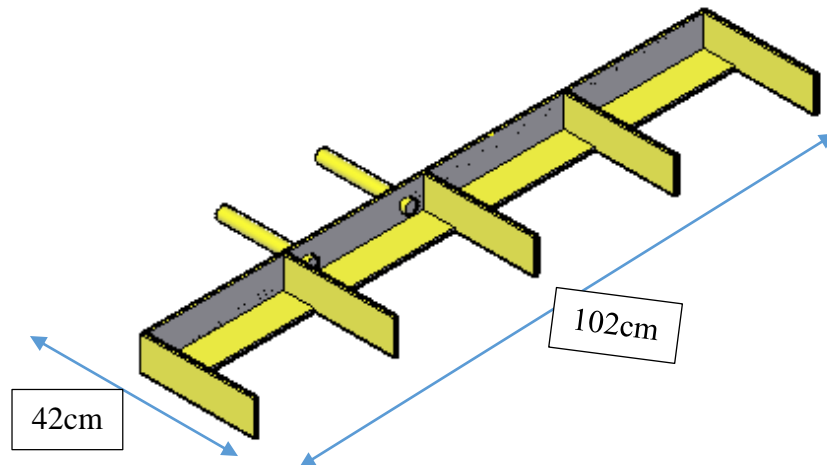


Imagen en 3D del brazo manipulador de canecas. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.3 Diseño de circuitos eléctricos de control y potencia

Para la implementación del sistema se realizó en base a los siguientes planos de conexión detallados a continuación.

3.3.1 Planos de conexiones

Los diagramas fueron dibujados usando el software FLUIDSIM versión 4.0 de la marca Festo, tal como se muestra a continuación en la figura 3.6.

Figura 3.6 Circuito Neumático de Actuadores

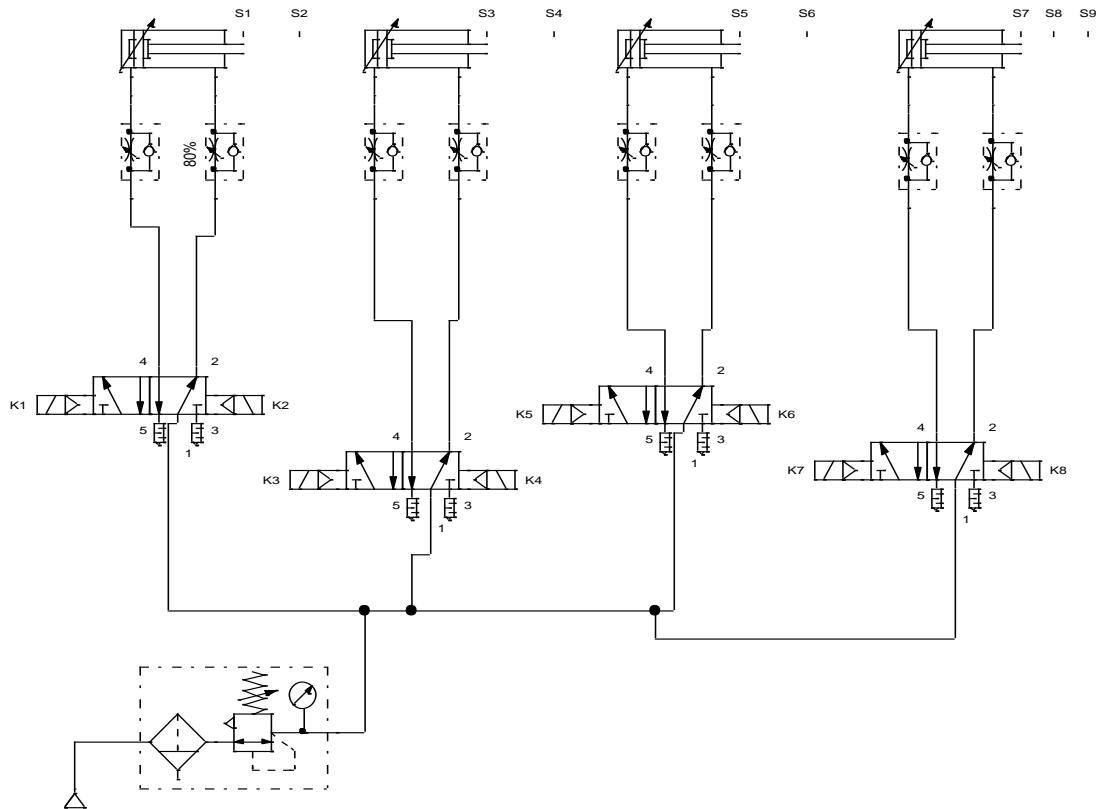


Diagrama de conexiones neumáticas entre los diferentes dispositivos. Elaborado por: Miguel Bonilla

Esta sección detalla los planos eléctricos de control utilizados para los dispositivos eléctricos que intervienen en el proceso. Los planos fueron realizados en el software CADE-Simu.

Figura 3.7 Circuito eléctrico de electroválvulas y sensores

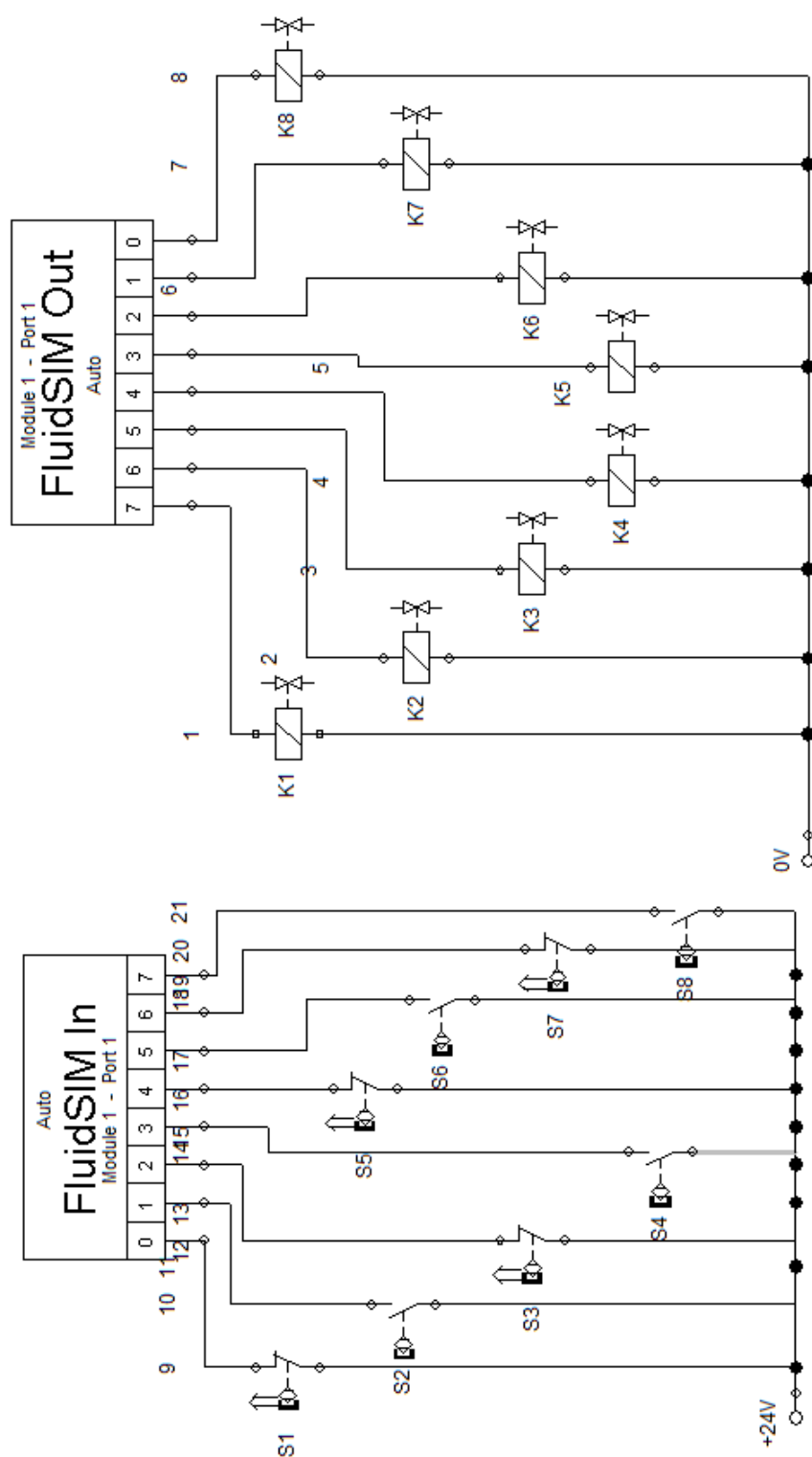


Diagrama de conexiones eléctricas sensores y solenoides hacia el PLC. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.3.2 Planos de conexiones eléctricas de potencia

Esta sección detalla los planos eléctricos de control utilizados para los dispositivos eléctricos que intervienen en el proceso. Los planos fueron realizados en el software CADE-Simu.

Figura 3.8. Circuito eléctrico de electroválvulas y sensores

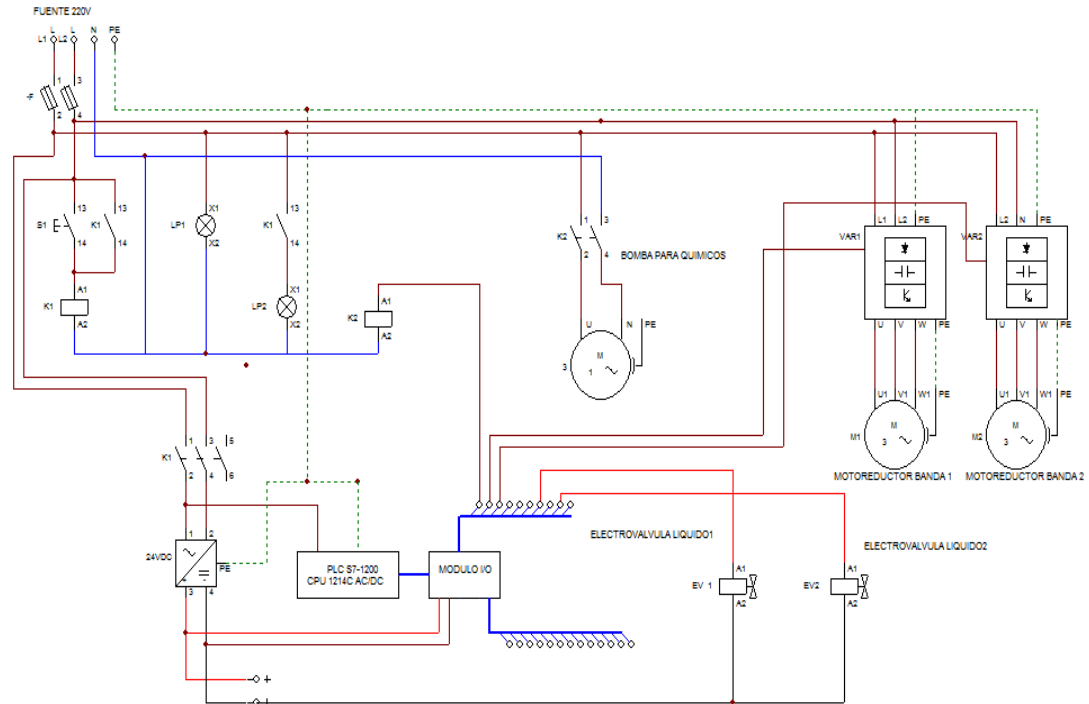


Diagrama de conexiones eléctricas de potencia Elaborado por: Miguel Bonilla

3.4 Lógica de programación del PLC y HMI

3.4.1 Diseño del programa implementado en PLC

La programación del PLC Siemens S7-1200 se lo realizó por medio de la plataforma de programación TiaPortal de Siemens, utilizando el lenguaje de programación KOP (LADDER). El patrón de funcionamiento y la secuencia de trabajo serán descritas en la Figura 3.7 en la cual se detallará el proceso lógico de trabajo del PLC por medio de un diagrama de flujo. Adjunto se podrá visualizar la programación en Anexo 6.

Figura3.9. Diagrama de flujo de lógica de programación.

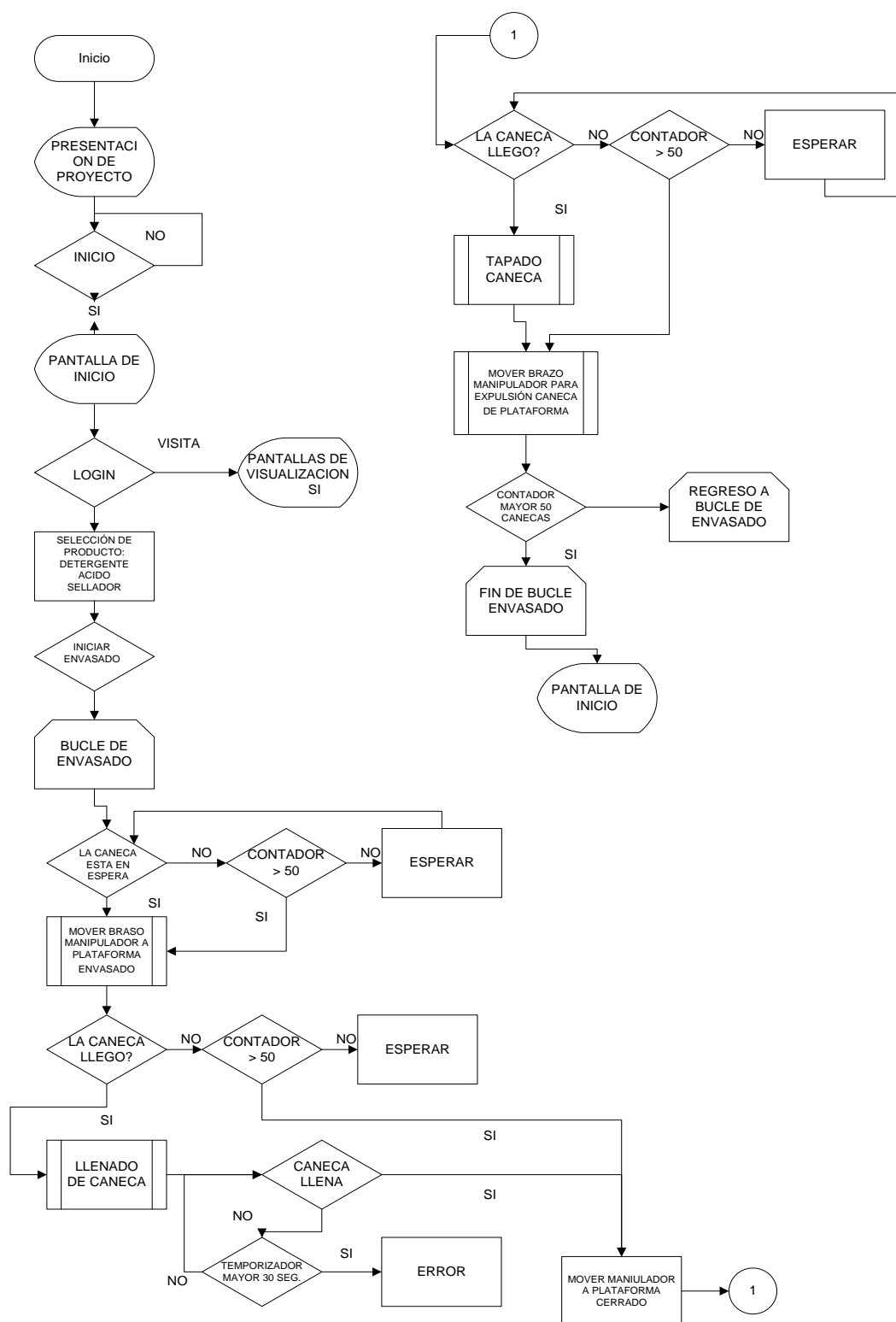


Diagrama de flujo descriptivo de la lógica de programación del PLC. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.4.2 Diseño de interfaz gráfica en HMI

La configuración realizada sobre el HMI de Siemens se lo realizó mediante el Software de programación TIAPORTAL con el cual se desarrolla varias interfaces que permitirán al operario un entorno de trabajo amigable y sencillo.

La imagen 3.8 muestra pantalla de inicio de la interfaz de programación en la cual relata una carátula de presentación del proyecto técnico.

Figura 3.10. Pantalla de inicio HMI



Interfaz de presentación de Proyecto Técnico. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.11. Pantalla de menú inicial HMI



Menú de inicio para selección de producto a envasar. Elaborado por: Miguel Bonilla

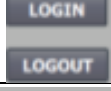


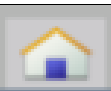



Figura 3.12. Pantalla de proceso



Interfaz de control de proceso de envasado de Detergente. Elaborado por: Miguel Bonilla




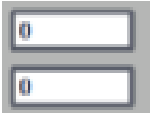



A continuación, se detallará la funcionalidad de cada uno de los botones y operaciones disponibles en la interfaz de inicio y presentación.

Tabla 3.6 Descripción de funciones de botones ventana principal de HMI

ICONO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
	Botones de ingreso y salida de sesión	Inicializa ventana emergente de autenticación
	Operario autenticado trabajando	Indicador
	Botón inicio de proceso	Abre ventana de selección de producto a envasar.
	Botón de regreso a pantalla de inicio	Abre ventana inicio desde cualquier ventana en la interfaz.
	Botón de paro general	Paro general disponible y utilizable en caso de cambio de ubicación de HMI lejos de la maquina
	Botón información del proyecto	Abre ventana emergente con información del proyecto
	Botón de salida de la Interfaz	Utilizado para configuración de HMI

Descripción de funciones de botones en ventana principal del HMI. Elaborado por: Miguel Bonilla

Continuación Tabla 3.6 Descripción de funciones de botones ventana principal de HMI

ICONO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETRO
	Botón ingreso a interfaz de envasado caneca detergente	Inicializa interfaz de envasado requiere autenticación
	Botón ingreso a interfaz de envasado caneca acido	Inicializa interfaz de envasado requiere autenticación
	Botón ingreso a interfaz de envasado caneca acido	Inicializa interfaz de envasado requiere autenticación
	Ingreso de numero de canecas a envasar	El primer cuadro muestra cuantas canecas se han llamado El segundo cuadro es para configurar número de canecas a envasar
	Botón de inicio de proceso en HMI	Inicia el proceso de envasado siempre que cumpla los parámetros de programa
	Realiza una pausa del proceso	Pausa el envasado hasta reinicio con botón de inicio de proceso
	Detiene todo proceso definitivamente	Detiene todo proceso y reinicia los parámetros de trabajo.

Descripción de funciones de botones en ventanas de proceso del HMI. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.5 Construcción de sistema de envasado

En la siguiente sección se detallará la construcción, el desarrollo y los diferentes métodos utilizados en implementación y construcción de las diferentes estructuras, mecanismos, circuitos y el acoplamiento de los diferentes dispositivos que permitirán hacer posible el funcionamiento del sistema de envasado.

Por cuestiones de presupuesto la Empresa auspiciante solicito de parte del autor de este proyecto el diseño y construcción de cada uno de los dispositivos y mecanismos necesarios en el proyecto por lo cual se considera pertinente incluir en este documento la construcción mecánica de los diferentes equipos y partes.

El módulo de envasado consta de las siguientes etapas:

- a. Módulo de almacenamiento y de elaboración del producto (marmitas). Esta etapa fue construida previo a la elaboración del proyecto técnico por consiguiente no es un equipo fabricado por el autor, pero será de gran importancia en el análisis constructivo y de evaluación.
- b. Módulo de envasado. Dentro de todo el sistema de envasado se propuso un módulo de llenado de las canecas de producto terminado el cual consiste de un grupo de dispositivos de control y de manipulación que permitirán cumplir con el cometido que es llenar los envases de manera precisa y rápida.
- c. Módulo de tapado. este módulo se encuentra anexo al módulo de envasado y cumple la función de proveer de tapas y realizar el tapado de los envases llenos.
- d. Módulo de transporte. este módulo cumple la función de proveer de envases a la línea de envasado y luego transportar las canecas envasadas hacia el sitio de almacenamiento. Este módulo no comprende parte de la construcción propuesta por el autor por lo que será de entera responsabilidad de la empresa auspiciante.

3.5.1 Módulo de envasado y tapado

El módulo de envasado y tapado constituye el objetivo central de proyecto técnico debido a que en este se desarrolla todo el proceso de llenado y tapado de las canecas.

El módulo de envasado y tapado consta de los siguientes dispositivos y equipos:

- a. Cilindros neumáticos con la finalidad de mover las canecas y las boquillas para el llenado.
- b. Un atornillador neumático acoplado a un soporte con la finalidad de poder realizar el cierre de las canecas
- c. Una boquilla anclada a un soporte y acoplada a una manguera proveniente de la alimentación del líquido a envasar.
- d. Un brazo manipulador y centrador de las canecas, el cual cumple la función de movilizar y posicionar las canecas tanto para envasado como serrado.
- e. Un mecanismo de provisión de tapas que permitirá colocar las tapas sobre las canecas y posteriormente permitirá taparlo.

- f. Una electroválvula de líquido para controlar la apertura y el cierre.
- g. Un presóstato para medición de llenado de canecas.

3.5.2 Construcción de armazón de envasadora

Después de realizar los diseños constructivos de las estructuras, y una vez aprobados por el dueño de la empresa se procedió a la construcción de todo el armazón en función de los planos realizados por el autor y detallados en Anexo 1.

El primer reto constructivo fue encontrar el material correcto que pueda facilitar el proceso de llenado, de tal manera que permitiera economizar y a la vez ser enteramente funcional. El material base en la construcción de la estructura fue acero inoxidable grado 304-B debido a que debe resistir al contacto con productos químicos.

A continuación, se detallará un grupo de imágenes que mostrarán la construcción de la estructura y serán detallados los procesos de ensamblaje.

Figura 3.13. Construcción de estructura metálica



Construcción del esqueleto de la estructura metálica. Elaborado por: Miguel Bonilla

Se decidió cubrir la estructura con planchas de acero inoxidable 316L debido a que este acero en particular tiene mayor resistencia a la corrosión y facilita la limpieza, punto importante en la norma que regula la fabricación de estos tipos de máquinas.

Figura 3.14 Construcción de estructura metálica colocación de paredes.



Adecuación de paredes y soportes sobre estructura metálica. Elaborado por: Miguel Bonilla

Se consideró varias alternativas para la caja de control, la primera opción fue un tablero de acero inoxidable 304, pero por motivos de presupuesto se tomó la decisión de colocar un tablero con pintura electrostática de alta resistencia a la corrosión.

Se realizó sobre la caja del tablero principal una serie de agujeros para colocar los diferentes mandos de control. En primera instancia se colocó el tablero de doble puerta, la cual no fue funcional en su utilización por lo que se vio necesario separar el HMI de la caja principal, construyendo una caja independiente para alojar la misma.

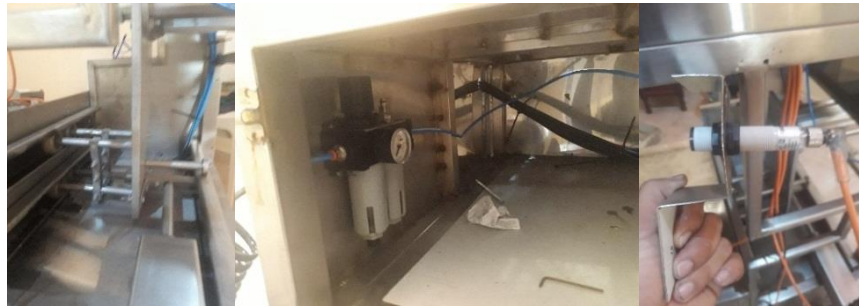
Figura 3.15 Adecuación de tableros de control.



Adecuación de tablero de control y caja para alojamiento de HMI. Elaborado por: Miguel Bonilla

Una vez ancladas las cajas de control a la estructura se procedió a conectar los diferentes dispositivos de control, fuentes de corriente, cilindros neumáticos, mecanismos entre otras cosas

Figura 3.16. Colocación de dispositivos en estructura de envasado.



Colocación de dispositivos y cableado de los diferentes componentes en la estructura. Elaborado por: Miguel Bonilla

Una vez colocados los elementos de control tales como sensores, PLC, HMI, electroválvulas y demás componentes se procedió a realizar el cableado entre los elementos y dispositivos.

En este proceso se encontró varias dificultades de diseño, las cuales no permitieron el avance planificado, por lo que fueron solucionados con varios cambios de materiales y nuevos diseños de las partes móviles.

3.5.3 Ensamblaje de controlador y hmi

Como primer procedimiento se realizó la programación en el software TIA PORTAL V13, según los parámetros de control y requerimientos de funcionamiento del sistema, los cuales son detallados en la sección de diseño en el capítulo 3 de este documento en la sección 3.4 y 3.5.

Como segundo paso dentro de la implementación del software dentro del PLC se lo realizó por medio de la red Ethernet, utilizando principalmente el protocolo de comunicación Profinet.

Al momento de cargar el programa al dispositivo de control PLC se tomaron las siguientes medidas de seguridad:

- a) Vigilar que los dispositivos se encuentren correctamente conectados y que no existan cables sueltos o mal ajustados a las borneras del PLC. Para evitar cualquier cortó circuito.
- b) Que no exista ningún objeto contundente junto o entre los actuadores para evitar daños producidos por golpes.
- c) Suspender cualquier ingreso de agua a las tuberías de producto terminado procurando que la primera prueba no se produzca con agua.
- d) Mantener presionado el botón de paro de emergencia para evitar cualquier movimiento involuntario de los equipos.

Una vez vigilada la seguridad de la máquina y del operario se procedió a encender el equipo y a cargar la programación en el PLC, tal cual se encuentra detallada en la sección 3.4 de este documento.

Luego de haber cargado la programación al PLC se procederá a conectar el cable Ethernet del HMI a la computadora para realizar la carga de la configuración de la interfaz gráfica según se visualizó en el capítulo 3 sección 3.5.

Seguido a esto se procedió a realizar las primeras pruebas de funcionamiento, con las cuales se pudieron verificar fallos mecánicos, fallos de programación e incompatibilidades propias de una prueba experimental.

Una vez corregido los problemas de desarrollo se procedió a realizar la primera prueba con agua, la cual a su vez arrojó varios inconvenientes que luego serían solucionados mediante modificaciones de hardware y software.

Figura 3.17. Imagen de tablero de control y HMI en pruebas de funcionamiento



Imagen tablero de control y HMI. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.5.4 Implementación de línea de provisión y transporte

Debido a que es necesario una etapa de provisión y otra de evacuación de canecas fue necesario el uso de un sistema de transporte de canecas, el cual en primera instancia se quiso construir las bandas transportadoras por parte de la empresa, pero por cuestión de económico y tiempo de trabajo en el desarrollo se optó por suspender el trabajo realizado en la implementación de rodillos transportadores por medio de

Figura 3.18. Rodillos transportadores utilizados en proyecto



Imagen de las bandas transportadoras. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.6 Resumen de funcionamiento del sistema de envasado

3.6.1 Inicio del proceso de envasado

Como primera instancia previa al funcionamiento el operario deberá colocar en la interfaz gráfica la orden de envasado la cual consistirá de la selección del producto a envasar.

En este momento las bandas comenzaran a moverse y todos los actuadores regresaran a su posición de inicio.

Figura 3.19. Inicialización del proceso de envasado.



Imagen del operario colocando la configuración en el HMI. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.6.2 Rodillo transportador para provisión

Como primer punto a tratar se encuentra la etapa de provisión de canecas, que cumple la función fundamental de entregar canecas hacia el brazo manipulador el cual colocará la caneca en el módulo de envasado. La banda de transporte de provisión está dotada de un sistema de rodillos locos que tienen la función de manipular de forma delicada las canecas antes de su uso. En esta etapa el operario deberá vigilar los siguientes detalles:

- La posición de las canecas, estas deberán ser colocadas con la boca del envase hacia la plataforma de envasado.
- Que las canecas no tengan roturas ni fisuras. Este es el primer punto en la línea de control de calidad requerida por la empresa.
- Que el mecanismo manipulador de canecas siempre este abastecido.

3.6.3 Etapa de envasado

Este módulo consta de varios dispositivos que permitirán un correcto desempeño, por lo tanto, la descripción estará enfocada en su secuencia de movimientos. Ingreso de las canecas. Esta etapa se desarrolla gracias a los movimientos realizados por el brazo manipulador, quien con la ayuda de dos cilindros neumáticos realiza el desplazamiento de la caneca ejecutando 2 movimientos, el primero de colocación y el segundo de

desplazamiento. Una vez haya ingresado la caneca al módulo de envasado, y el sensor reconozca su posición de la caneca descenderá la boquilla de envasado, la cual está dotada de un sensor el cual enviará una señal al PLC quien determinara que el líquido llego al nivel deseado y cortará el flujo de líquido hacia el envase.

Una vez llena la caneca la boquilla volverá a su posición de origen donde esperará un par de segundos antes de pasar al siguiente proceso.

Figura 3.20. Llenado de una caneca en la plataforma de llenado.



Imagen de una caneca siendo envasada en la plataforma de llenado. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.6.4 Etapa de cerrado de caneca

En esta etapa se realiza la colocación de la tapa, el ajuste de la misma y la colocación en el transportador de despacho. La secuencia de movimientos es la siguiente:

- Una vez concluida la etapa de llenado se activará el motor que permitirá el giro del disco de provisión de tapas, que se encuentra a un lado de la plataforma de llenado.
- Cuando la tapa llegue a la ranura expulsara la tapa sobre la caneca. Detendrá el motor el giro,
- Una vez posicionada la tapa en la caneca el brazo realizará un nuevo movimiento trasladando la caneca hacia la plataforma de tapado.

- Cuando la caneca ocupe la posición requerida descenderá un atornillador neumático acoplado con una boquilla. La cual girará y permitirá el ajuste de la caneca.
- Una vez ajustada la caneca, el brazo realizará otro movimiento que expulsa la caneca de la plataforma.

Figura 3.21. Módulo de Tapado



Imagen del cierre automático de una caneca. Elaborado por: Miguel Bonilla

3.6.5 Transporte final

Una vez expulsada la caneca de la plataforma de tapado, la caneca rodará por gravedad por la Banda de transporte terminando así el ciclo de envasado.

Este ciclo será repetido por 50 veces antes de colocar una nueva orden de envase

Figura 3.22 Salida del producto de caneca de pruebas



Caneca saliendo del módulo de envasado y tapado. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.23 Módulo de envasado y rodillos de transporte



Módulo de envasado con bandas de transporte vista frontal. Elaborado por: Miguel Bonilla

Figura 3.24 Módulo de envasado y rodillos de transporte vista transversal



Módulo de envasado con bandas de transporte vista transversal. Elaborado por: Miguel Bonilla

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Este capítulo detalla las experiencias resultantes de la fabricación, el ensamblaje y sobre todo el funcionamiento del sistema de envasado. En este capítulo se encontrará una breve descripción de los procesos que la máquina realiza.

Además de esto este capítulo contiene un análisis de gastos el cual podrá evidenciar los beneficios de la inversión en función de la mejoría de los tiempos de trabajo y el ahorro económico que este significa para la empresa auspiciante.

El análisis de este capítulo iniciara con un estudio la declaración de los costos de fabricación. Seguido de esto se detallará un análisis de beneficios alcanzados al implementar este sistema.

4.1 Análisis y resultados del sistema de envasado

De mejor manera los pormenores que permitieron la ejecución de este proyecto será necesario primero realizar un breve análisis de la situación de la empresa.

La señalización de los parámetros situacionales del problema inicial, principalmente están enfocados en la precisión de envasado, el volumen de producción, los tiempos de espera entre la elaboración de productos además de los problemas ambientales y estructurales que se habían producido por los derrames ocasionales ocurridos antes de la implementación del proyecto.

Los parámetros de control y análisis en este caso serán:

- a. La exactitud en el envasado
- b. Los tiempos de retardo en el envasado.
- c. El control de derrames y confort de los operarios.

Para el análisis de todos estos puntos antes citados es necesario realizar un recuento de los antecedentes. Para poder comprender de forma más precisa se ha optado por

realizar una redacción apoyada en imágenes que facilitaran el entendimiento del problema.

4.2 Análisis del estado inicial del proyecto

Inicialmente la Empresa se encontraba con la necesidad de implementar un sistema que optimice recursos, evite perdidas y disminuya los tiempos de ejecución de cada lote de producción.

Las pérdidas producidas por derrames y errores humanos significaban un gasto innecesario y poco controlable dentro del sistema productivo, debido a que en muchos de los casos la reacción corporal no permitía el cierre de llaves al tiempo adecuado dejando en muchos de los casos más producto en la caneca, generando pérdidas mínimas por lote de producto, pero que podían ser detectadas por medio de faltantes en los inventarios anuales. Para comprobar que esto sucedía se tomó varios métodos de verificación.

4.2.1 Control visual de llenado de canecas previo la implementación

Se comparó una caneca cuyo volumen previamente fue llenado con 20 litros de agua, junto a este se colocó dos canecas de forma aleatoria dentro de un mismo lote y se los sometió frente a un foco con lo que se pudo visualizar la desigualdad entre el volumen contenido de cada envase. La imagen 4.1 permitirá de forma gráfica demostrar las variaciones de volumen entre varias canecas en el envasado.

Figura 4.1 Variación de volumen entre canecas analizadas.



Canecas contraluz con la finalidad de identificar diferencias el llenado de canecas. Elaborado por:

Miguel Bonilla

La caneca del lado derecho muestra el nivel correcto de 20 L, la caneca central y la de la derecha subrayada con rojo muestran una variación de -700cc. Siendo este un error considerable. El error que se calcula más adelante por medio de fórmulas y tablas.

4.2.2 Análisis por peso del llenado de canecas previo la implementación

El segundo método para comprobar el llenado correcto fue colocar uno de los productos en una caneca y obtener el peso de referencia. El peso de la caneca es de 1Kg y este mismo envase con producto peso 24,15Kg.

El para determinar el volumen se utilizó la siguiente formula.

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

Donde:

d = densidad [g/ cm²]

m = masa [g]

v = volumen [cm²]

La masa es un dato conocido y fácil de obtener y para este caso se realizó la resta de la masa en bruto menos la masa de la caneca y tapa. Por lo tanto, la masa del producto es 23,15 kg

Figura 4.2 caneca vacía siendo pesada en balanza electrónica.



La imagen muestra una caneca vacía siendo pesada como parte de pruebas previas a la implementación.

Elaborado por: Miguel Bonilla

La densidad del producto se obtuvo en un análisis químico-físico algunos años antes cuando la Empresa obtenía permisos de elaboración de parte de Agrocalidad. Este documento no pudo ser incluido en la sección de anexos debido a que este análisis químico-físico contiene una descripción de la formula maestra.

La densidad del producto evaluado fue de:

$$d = 1,19 \text{ g/cm}^2$$

Tabla 4.1 Análisis del estado inicial de las canecas envasadas sin sistema de envasado

Nº Muestra	Masa de la caneca llena (Kg)	Masa del producto (Kg)	Masa de referencia (Kg)	Volumen de producto envasado (L)	Volumen de referencia (L)	Error de envasado (L)
1	24,15	23,15	23,8	19,45	20	0,55
2	24,45	23,45	23,8	19,71	20	0,29
3	24,10	23,10	23,8	19,41	20	0,59
4	24,58	23,58	23,8	19,81	20	0,18

Este cuadro muestra un resumen de los datos obtenidos experimentalmente de 4 muestras tomadas al azar de un mismo lote. Elaborado por: Miguel Bonilla

4.2.3 Tiempos de envasado y tapado de canecas antes de la implementación.

Al realizar el envasado de forma manual, el tiempo de proceso está enteramente ligado a la habilidad, fortaleza, destreza y en muchas ocasiones salud o estado de ánimo del operario. En la evaluación inicial se pudo observar que cada producto tiene su particularidad en el envasado, se considera velocidad de llenado, capacidad de producir espuma y la viscosidad del compuesto. Por lo que se evaluó en función de estos tres factores fundamentales.

Tabla 4.2. Tiempo de envasado sin máquina.

Producto	Viscosidad	Cantidad de espuma	Tiempo de llenado individual (min)	Tiempo de envasado 50 canecas (min)
Detergente	Baja	Poco	1,20	60,0
Acido	Baja	Media	1,20	60,0
Sellador de Ubres	Alto	Alto	2,8	135,0

Análisis inicial de cada producto envasado y las consideraciones físicas que interfieren en los tiempos totales de envasado. Elaborado por: Miguel Bonilla

4.2.4 Derrames y contaminación del ambiente

Pese a que Alfa Técnica es considerada una empresa que tiene mucho cuidado con el ambiente, eso no quiere decir que ante un proceso enteramente manual nunca existirá un derrame, de hecho, esa posibilidad es muy alta, por lo que una de las necesidades en la fabricación de la envasadora es tener un deposito debido a que no solo existe derrames por exceso de llenado, sino también por canecas fisuradas, rotas o mal fabricadas. A continuación, en la Figura 4.3 .se podrá observar uno de los eventos registrados antes de la implementación debido a un descuido del operario mientras se envasaba

Figura 4.3. Imagen de una caneca derramada



Esta imagen muestra un error humano por descuido poco frecuente pero muy común. Elaborado por:
Miguel Bonilla

4.3 Análisis del estado final del proyecto

Como un medio para determinar la eficiencia del dispositivo diseñado e implementado siempre será necesario someter al equipo a varias pruebas que permitan asegurar el correcto funcionamiento. En primera instancia deberá ser evaluado según los objetivos y requerimientos previos a la implementación.

4.3.1 Verificación de nivel de llenado luego de la implementación del sistema

Para poder evaluar la máquina fue necesario someter a las muestras a las mismas pruebas que se realizaron previo a la implementación. Por lo tanto, la primera prueba será la verificación visual.

Figura 4.4 variación de volumen en canecas analizadas luego de implementación.



Canecas contraluz con la finalidad de identificar diferencias el llenado de canecas. Elaborado por: Miguel Bonilla

Se puede verificar una pequeña diferencia entre los niveles de llenado en comparación con la muestra se obtuvo una variación de aproximadamente 50 cm³.

4.3.2 Análisis por peso canecas antes de la implementación de la envasadora

Para poder observar las diferencias de precisión en el envasado se sometió a las muestras a la misma prueba de pesaje. Para mayor comprensión de los resultados se elaboró la Tabla 4.3 que describe las diferencias y virtudes de la utilización de un sistema automático de envasado.

Tabla 4.3 Análisis del llenado de las canecas con sistema de envasado para sellador.

Nº Muestra	Masa de la caneca llena (Kg)	Densidad (g/ cm ³)	Masa de la caneca vacía. (Kg)	Volumen de producto envasado (L)	Volumen de referencia (L)	Error actual (L)	Error Porcentual (%)
1	21,60	1,03	1,1	20,00	20	0	0
2	21,45	1,03	1,1	19,85	20	0,15	0,75
3	21,65	1,03	1,1	20,05	20	0,05	0,25
4	21,50	1,03	1,1	19,90	20	0,10	0,50

Este cuadro muestra un resumen de los datos obtenidos experimentalmente de 4 muestras tomadas al azar de un mismo lote. Elaborado por: Miguel Bonilla

La Tabla 4.3 entrega la información del error de medida en volumen y porcentual del envasado de canecas del producto Sellador de Ubres siendo un error porcentual máximo del 0,75% equivalente a 0,15 L.

Tabla 4.4 Análisis del llenado de las canecas con sistema de envasado para Detergente

Nº Muestra	Masa de la caneca llena (Kg)	Densidad (g/ cm ³)	Masa de la caneca vacía. (Kg)	Volumen de producto envasado (L)	Volumen de referencia (L)	Error actual (L)	Error Porcentual (%)
1	23,35	1,11	1,1	20,04	20	0,04	0,23
2	23,50	1,11	1,1	20,18	20	0,18	0,90
3	23,20	1,11	1,1	19,91	20	0,09	0,45
4	23,45	1,11	1,1	20,13	20	0,13	0,65

Este cuadro muestra un resumen de los datos obtenidos experimentalmente de 4 muestras tomadas al azar de un mismo lote. Elaborado por: Miguel Bonilla

La Tabla 4.4 entrega la información del error de medida en volumen y porcentual del envasado de canecas del producto Sellador de Ubres siendo un error porcentual máximo del 0,9% equivalente a 0,18 L.

La Tabla 4.5 entrega la información del error de medida en volumen y porcentual del envasado de canecas del producto Sellador de Ubres siendo un error porcentual máximo del 1,25% equivalente a 0,25 L.

Tabla 4.5 Análisis de llenado de canecas con sistema de envasado para ácido

Nº Muestra	Masa de la caneca llena (Kg)	Densidad (g/ cm ³)	Masa de la caneca vacía. (Kg)	Volumen de producto envasado (L)	Volumen de referencia (L)	Error actual (L)	Error Porcentual (%)
1	24,95	1,19	1,1	20,04	20	0,04	0,20
2	25,15	1,19	1,1	20,21	20	0,21	1,05
3	25,10	1,19	1,1	20,16	20	0,16	0,80
4	25,20	1,19	1,1	20,25	20	0,25	1,25

Este cuadro muestra un resumen de los datos obtenidos experimentalmente de 4 muestras tomadas al azar de un mismo lote. Elaborado por: Miguel Bonilla

4.3.3 Tiempos de envasado y tapado de canecas antes de la implementación

Para analizar la velocidad del envasado es necesario realizar el mismo método de verificación por lo tanto se visualizará los resultados en una tabla comparativa.

La Tabla 4.6 detalla los tiempos de envasado individual y de todo el lote sin considerar tiempos de espera, etiquetado y movilización hacia áreas de almacenamiento. Lo cual en promedio se adicionará aproximadamente 10 a 15 min.

Tabla 4.6 Tiempo de envasado por producto

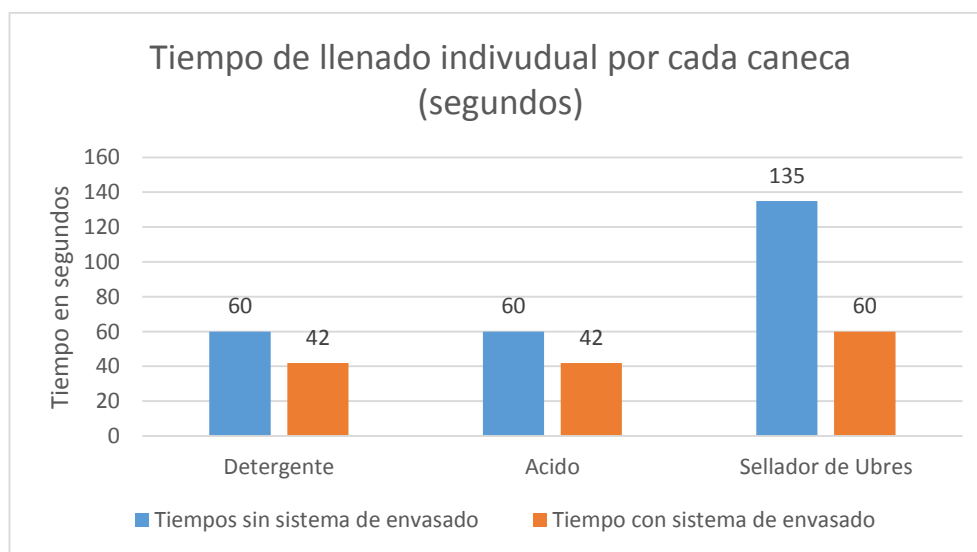
Producto	Tiempo de llenado individual (s)	Tiempo de envasado 50 canecas (min)	Tiempo de llenado individual con envasadora (s)	Tiempo de envasado 50 canecas con envasadora (min)
Detergente	75	60	50	42
Acido	75	60	50	42
Sellador de Ubres	160	135	65	60

Análisis de cada producto envasado y comparación de tiempos totales de envasado. Elaborado por:

Miguel Bonilla

La siguiente grafica es una comparativa de la velocidad del proceso de llenado individual donde se podrá evidenciar la mejoría en tiempo usando la máquina de envasado, además se evidenciará que en el caso del producto Sellador de Ubres cuya característica física es la viscosidad alta la mejoría de tiempos es alta.

Figura 4.5 Grafica comparativa de llenado antes y después de implementación

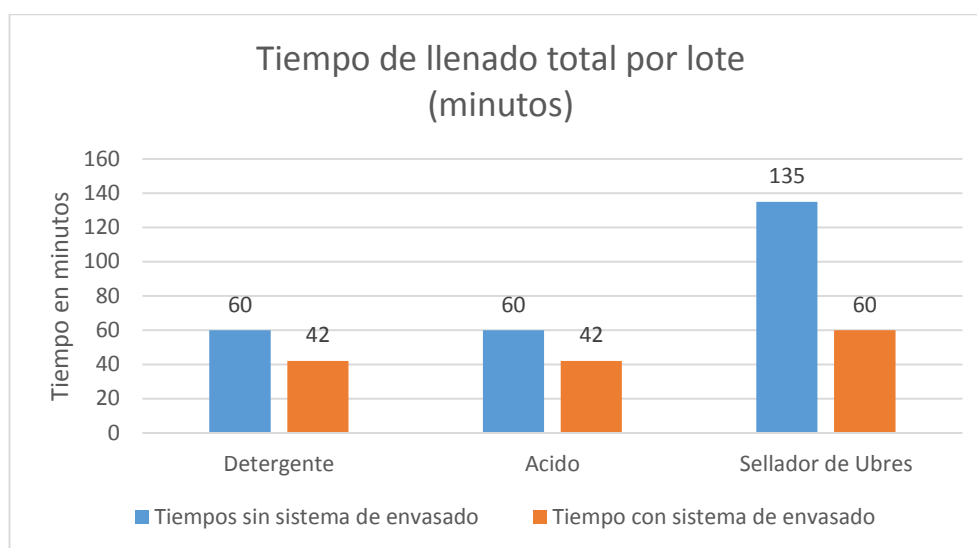


Grafica comparativa de tiempo de llenado manual Vs máquina de los productos de Alfa Técnica.

Elaborado por: Miguel Bonilla

La gráfica mostrada a continuación es una comparativa del tiempo total proceso de envasado la cual muestra las bondades de trabajar con un sistema de envasado.

Figura 4.6 Gráfica comparativa de llenado por lote de 50 canecas



Grafica comparativa de tiempo de llenado manual Vs máquina de los productos de Alfa Técnica.

Elaborado por: Miguel Bonilla

4.3.4 Derrames y contaminación del ambiente

El sistema de envasado contiene un colector de líquidos que permitirá en el supuesto que existiera un derrame una alternativa para impedir que se desperdicie y afecte al entorno y el medio ambiente.

Hasta el momento de la redacción no se ha presentado ningún derrame sobre la plataforma de llenado, pero por la capacidad del contenedor se podría asegurar que cualquier derrame sea grande o pequeño ingresara al contenedor.

4.3.5 Comparación de beneficios obtenidos

La máquina ofrece varios beneficios a la empresa que permiten aumentar la calidad de su sistema productivo, además de economizar recursos, lo cual siempre se va a ver relacionado con ahorro monetario.

A continuación, se detallará una Tabla que permita comparar el ahorro de recursos, tiempo y dinero.

Tabla 4.7 Comparativa de logros alcanzados

	Antes	Ahora	Mejoría en porcentaje
Numero de lotes diarios	1 lote envasado a mano (100 canecas /día)	2 lotes envasadas a maquina (200 canecas / día)	100%
Tiempo de trabajo diario	8 - 10 h / día	8 h / día Disminución de horas extras	-----
Nº de Operarios por producción	2	1	100%
Posibilidad de pérdidas por derrame o exceso de medida	20L por cada lote	1,5 L por cada lote	-----

Tabla comparativa de logros alcanzados. Elaborado por: Miguel Bonilla

4.4 Análisis de costos

El propósito fundamental de este proyecto de titulación es que aporta muchos beneficios y ahorros al auspiciante al realizar este sistema ya que es mucho más conveniente que otras marcas reconocidas en el mercado, por consiguiente, se realizara un análisis de las hojas de costo donde se muestran los costos directos e indirectos incurridos en la construcción de este sistema de envasado.

4.4.1 Costos Directos

Los costos directos se entienden por todos los montos de dinero que se incurrieron en la fabricación del sistema de envasado, lo cual quiere decir que los costos directos son todos los materiales, equipos, y dispositivos utilizados para la construcción del sistema de envasado. Los materiales considerados como costos directos son los siguientes:

- Los dispositivos de control y visualización.
- Los equipos de bombeo, manipulación, actuadores y sensores
- Los elementos eléctricos que componen el tablero de control
- Las estructuras metálicas y todos los soportes con sus anclajes construidos en las instalaciones de la Empresa.

La siguiente tabla detalla los valores proyectados antes y después de la implementación del sistema de envasado, los costos de fabricación, tales como costo hora de trabajo de

los colaboradores internos de la empresa que intervinieron en el área de soldadura, maquinado y construcción no serán detallados debido a que no se tiene una factura o comprobante que pueda verificar un costo real.

Tabla 4.1. Análisis de costos estimados aproximados

DETALLE	Cantidad	Costo por artículo (USD.)
PLC, Módulos de comunicación, Controladores y HMI		
PLC	1	560,00
HMI Siemens	1	1225,00
SENSORES		
Finales de carrera	4	112,00
Sensor inductivo de proximidad	3	202,00
Sensor de presión	2	136,00
PRE ACTUADORES		
Variadores de frecuencia	1	450,00
Electroválvulas neumáticas	5	475,00
ACTUADORES		
Cilindros doble efecto	1	180,00
Cilindros doble efecto	3	450,00
Bomba acero inox	1	280,00
Válvulas solenoide anti-corrosivo 1/2"	2	180,00
TUBERÍA PARA LLENADO		
Tubería, Uniones, accesorios	1	100,00
ELEMENTOS ELÉCTRICOS DE POTENCIA		
Contactares	2	43,50
Guarda motor	2	71,00
GABINETES PARA EQUIPOS DE CONTROL		
Gabinets 60x80 cm	1	56,00
Interruptores, botones y luces piloto		
Pulsadores	3	22,50
Pulsadores doble de encendido y apagado	1	11,50
Botón de paro (Hongo)	1	24,27
Interruptor de dos posiciones	1	17,98
luz piloto	4	54,36
OTROS		
Estructuras mecánica y accesorios	1	1350
Subtotal		5.758,61
COSTOS INESPERADOS		
Gastos adicionales		730,00
TOTAL		6.488,30

Tabla comparativa referencial del presupuesto asignado y del costo real en la implementación del sistema de envasado. Elaborado por: Miguel Bonilla

El departamento Financiero sugiere un valor aproximado de un 25% de los costos directos incurridos en la construcción del equipo, el cual no ingresa dentro de los documentos contables y puede ser considerado por el autor de forma académica en el proyecto para la obtención del precio final de la máquina.

Los gastos adicionales expuestos en la Tabla 4.1 describen gastos producidos por prototipos, maquetas y modelados que se realizaron previo a la construcción de las piezas definitivas además de los gastos de transporte, movilización y rediseño de piezas.

Cabe recalcar que ningún trabajo fue realizado fuera de las instalaciones de Alfa Técnica, pero si fue necesario ocupar al personal técnico para la construcción de ciertas etapas de la construcción de la máquina. Por esta razón muchos de los costos directos habituales en la fabricación de un proyecto de estas características no pueden ser detallados ampliamente.

4.4.2 Costos indirectos

Los costos indirectos normalmente se los describe o están relacionados como los gastos que no son aplicables al costo del producto, por lo que no se aplican dentro del análisis del presupuesto inicial, ya que la Empresa entregó ciertos equipos, herramientas, insumos y materiales para la fabricación.

Por temas académicos y acogiendo la sugerencia de la Empresa de considerar como un costo de fabricación dentro de la construcción del sistema de envasado, el 25% del costo de los materiales podrá ser utilizado como valor referencial de la mano de obra del personal que colaboro en las diferentes etapas del proceso.

De esta manera, entonces, el costo a sumar al valor neto de la máquina será de 1622,08 USD. Si bien es cierto la adquisición de los módulos de transporte tales como bandas no se encuentran descritos dentro del proyecto. Estos bienes de la Empresa fueron adquiridos como complemento del sistema de envasado, razón por la cual estos costos no serán incluidos en el costo del sistema, pero si serán sumados al análisis total de la máquina.

4.4.3 Cálculo del costo total de la máquina

En esta sección analizaremos la sumatoria de todos los valores gastados en la construcción del sistema de envasado y los colocaremos en la tabla 5.2. Con la finalidad de obtener el valor total de la máquina.

Tabla 4.2. Precio total de la máquina.

DESCRIPCIÓN	COSTO (USD.)
Módulo de envasado y tapado	6.488,30
Costos adicionales por mano de obra	1.622,08
Adquisición de bandas de transporte	4.000,00
TOTAL	12.110,38

Este cuadro señala la sumatoria de todos los gastos incurridos en la fabricación del sistema de envasado. Elaborado por: Miguel Bonilla

CONCLUSIONES

El sistema de envasado cumple todos los requerimientos técnicos mínimos recomendados por las entidades reguladoras a las cuales se somete la Empresa Alfa Técnica, garantizando de esta manera que el sistema de envasado permitirá realizar el trabajo limpio sin riesgo de contaminación, tanto desde el ambiente circundante hacia el producto como también desde el producto elaborado hacia el medio ambiente, cumpliendo la principal preocupación de Agrocalidad que es prevenir la contaminación cruzada.

El sistema de envasado logró cumplir las expectativas de los auspiciantes, ya que por medio de esta máquina se pudo incrementar un 50 % más en la producción diaria lo cual significa para la Empresa un beneficio económico que permitirá recuperar la inversión realizada en poco tiempo.

El departamento de control de calidad obtiene mayor fiabilidad y confianza en que cada caneca que sale a la venta, debido a que nunca tendrá menos del volumen ofrecido, ya que el sistema de envasado tiene un error de 10 a 150cc por encima del volumen referencial que es 20 litros, cuyo error porcentual será siempre inferior al 1% del volumen de la caneca.

Para productos espumosos se pudo comprobar que los sensores de aproximación por infrarrojo y de aproximación por ultrasonido no resultan eficientes al momento de determinar el nivel máximo de llenado, ya que la espuma nunca será la misma en el contenedor y siempre será detectada por este tipo de sensores

Las diferencias de tiempo entre productos envasados se vieron influidos por la densidad del producto, viscosidad, cantidad de espuma y la capacidad de la bomba de succión. Teniendo como resultado que, a mayor viscosidad del producto, el tiempo de llenado individual aumenta. Además de esto se considera que a mayor cantidad de espuma que genera cada producto, el tiempo de envasado por caneca también aumenta, debido a un problema mecánico en la bomba llamado cavitación que significa el ingreso de aire a la cámara de succión de la bomba disminuyendo su capacidad de succión.

La reducción de tiempos de envasado de los productos con el sistema de envasado mejoró en los siguientes porcentajes. La producción de detergente y ácido mejoró un 40% en relación al tiempo de envasado a mano, mientras que el producto Sellador de Ubres mejoró un 120% en relación al tiempo de envasado a mano.

En el proceso de la implementación del sistema de envasado se realizaron varias pruebas con algunos sensores, los cuales no se adecuaban al trabajo a realizar, debido a que los productos químicos son altamente corrosivos, invasivos y sobre todo producen espuma que generan lecturas falsas en el sensor por lo que el proceso requiere el sensor de presión diferencial.

Hasta el momento de la realización de este documento no se ha presentado ningún derrame o desbordamiento de producto que genere daños o contaminación ambiental, demostrando de esta manera que un sistema automático de envasado siempre impulsará un mejor manejo y cuidado con el medio ambiente.

El proyecto lleva funcionando 6 meses aproximadamente. Realizando en promedio 30 lotes mensuales, siendo un equivalente a 1500 canecas mensuales en promedio. Representando un incremento en la producción del 33%, considerando, además de eso, la eliminación de horas extras al personal.

La comparación económica entre un sistema de envasado importado cuyo costo bordea entre 25000 a 30000 dólares americanos sin considerar bandas de transporte, demuestra que el sistema de envasado propuesto a la empresa Alfa Técnica significó un ahorro de por lo menos de 12000 dólares.

RECOMENDACIONES

Para la implementación de un sistema de envasado es necesario comprobar que los componentes y piezas de los dispositivos que manejarán los líquidos sean compatibles químicamente y no generen daños por desgaste y fatiga.

Se recomienda para futuros proyectos técnicos de titulación que se encuentren interesados en trabajar con productos químicos altamente corrosivos, trabajar con los siguientes materiales, acero inoxidable 304-B, 316-L y polímeros tales como Vitón, PVDF, PVC, Teflón, Duralón entre otros. Estos materiales normalmente son lavables y poco contaminantes por sus superficies lisas y pulidas.

Para ambientes corrosivos recomienda como una medida de seguridad y conservación de los componentes electrónicos, sellar todos los espacios, uniones, con empaques y silicona de tal manera que el impacto corrosivo sea mínimo.

Para implementaciones con químicos líquidos y corrosivos se recomienda usar dispositivos eléctricos y electrónicos cuyo grado de protección sea como mínimo IP 65 ya que en muchos de los casos será necesario lavar con chorros de agua. Los dispositivos que no tengan la capacidad de funcionar en ambientes agresivos deberán ser colocados dentro de gabinetes cuya protección genere seguridad y confianza para realizar el trabajo.

Dentro de todo el proceso de implementación se pudo tener varios inconvenientes que produjeron algunos retrasos, se recomienda realizar un estudio de materiales previo a la implementación para evitar pérdidas y mal funcionamiento.

Se recomienda para este tipo de trabajos cuya función es vigilar el llenado de un líquido corrosivo y espumoso, el uso de sensores de presión tales como el utilizado en este proyecto.

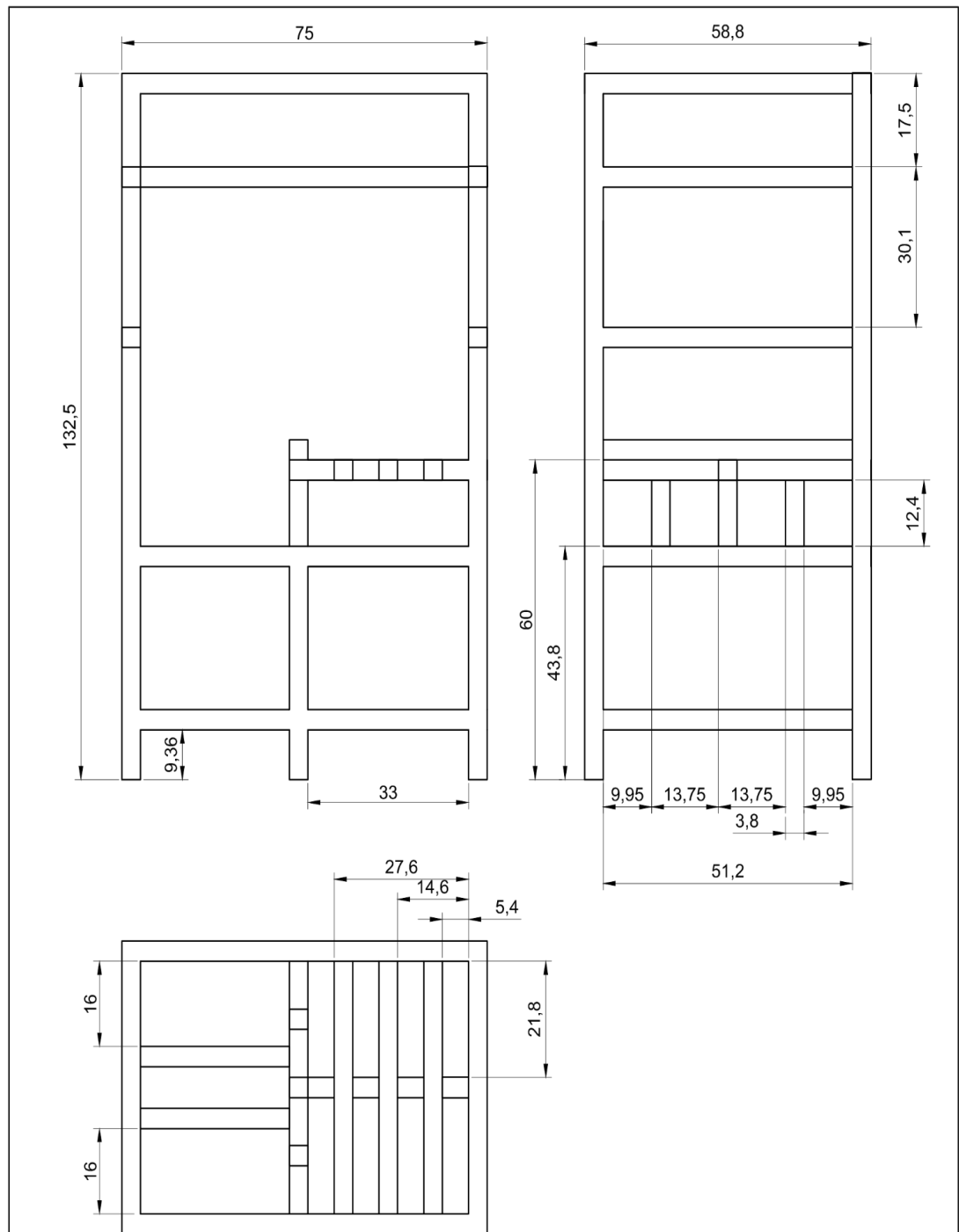
REFERENCIAS

- Adajusa. (2017). *Catalogo de productos*. Obtenido de www.adajusa.com
- California State Compensation Insurance Fund. (ENERO de 2014). *Safety and seminars*. Obtenido de Contaminacion cruzada:
<https://content.statefundca.com/safety/safetymeeting/safetymeetingarticle.aspx?Articleid=165>
- Conrad. (2017). *Conrad*. Obtenido de:
<https://www.conrad.com/ce/en/product/197494/PLC-controller-Siemens-CPU-1214C-DCDCRELAIS-6ES7214-1HG31-0XB0-24-Vdc>
- Educalingo. (Enero de 2017). *Diccionario*. Obtenido de ENVASADO:
<https://educalingo.com/es/dic-es/envasado>
- Eunasa. (11 de marzo 2016). Obtenido de: *Eunasa.com*.
- Innovar. (2018). *Innovar Soluciones Innovadoras* . Obtenido de <http://water-prodline.com/1-1-bottle-filling-machine/194743/>
- Metalworks. (02 de 2016). *Catalogo general de productos*. Obtenido de <http://media.metalwork.it/catalogo-ita/files/assets/common/downloads/publication.pdf>
- Organizacion Internacional del Trabajo. (2013). *Seguridad y salud en la utilizacion de la maquinaria*. Recuperado el JUNIO de 2017, de http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/normativeinstrument/wcms_164658.pdf
- Organizacion Mundial de la Salud. (15 de 12 de 1990). *INFORME 32*. Recuperado el JUNIO de 2017, de Practicas adecuadas para la fabricacion de productos farmaceuticos:
http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/41379/WHO_TRS_823_spa.pdf;jsessionid=07FB791CB7D642A1D5A2638E4896EC77?Sequence=1
- Postpack. (Febrero de 2009). (<http://www.postpacksl.com/web/horizontal-dosif.php?Lang=1>). Obtenido de Postpack Maquinaria para el envasado: (<http://www.postpacksl.com/web/horizontal-dosif.php?Lang=1>)
- Procesos continuos. (ABRIL de 2018). *Http://procesoscontinuos.com/*. Obtenido de <http://procesoscontinuos.com/imagenes/el19.jpg>
- Water prodline. (2018). *Http://water-prodline.com/*. Obtenido de ES AQUA LTD:
<http://water-prodline.com/1-1-bottle-filling-machine/194743/>

ANEXOS

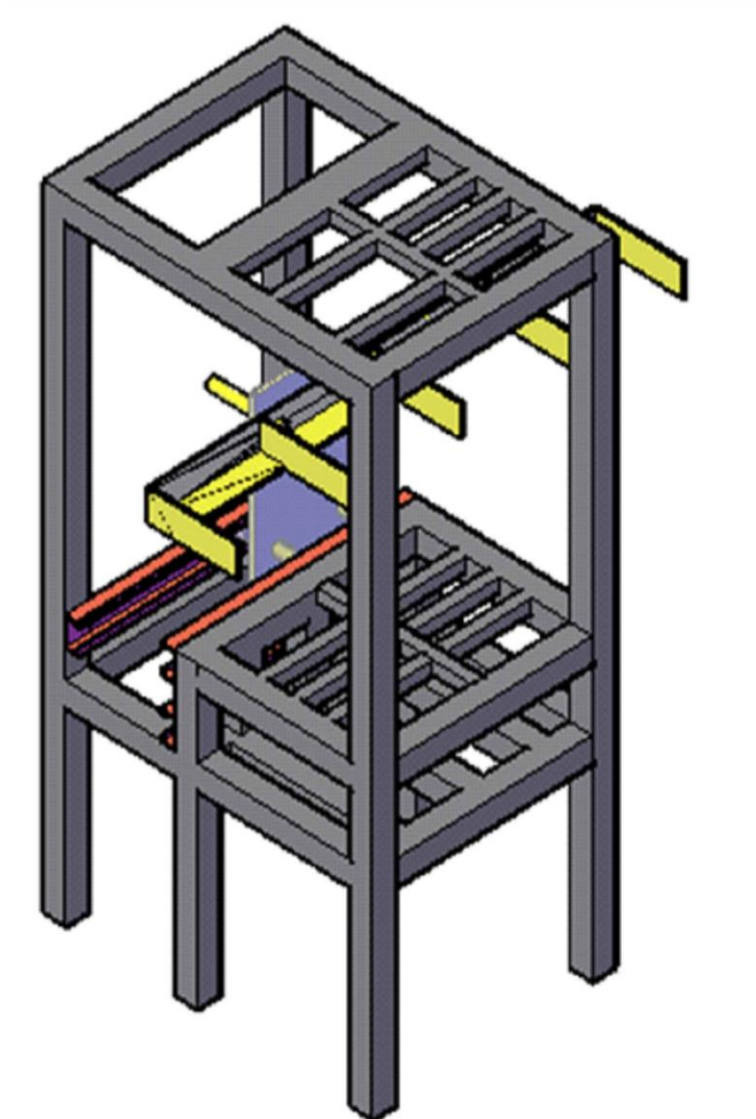
ANEXO 1

Plano constructivo de estructura metálica.



Tratamiento Térmico	N/A	Material	Inoxidable (Tubo cuadrado 1 $\frac{1}{4}$ ")
Tratamiento Térmico	N/A	Dimensiones Brutas.	(132.5 x 75 x 60) cm
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA	UPS	Diseñado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez 10-05-2017
		Dibujado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez 10-05-2017
		Revisado:	Ing. Carmen Johana Celi Sanchez
ESTRUCTURA METALICA	Escala: 1:10		Tol. Gral. +/- 0,1

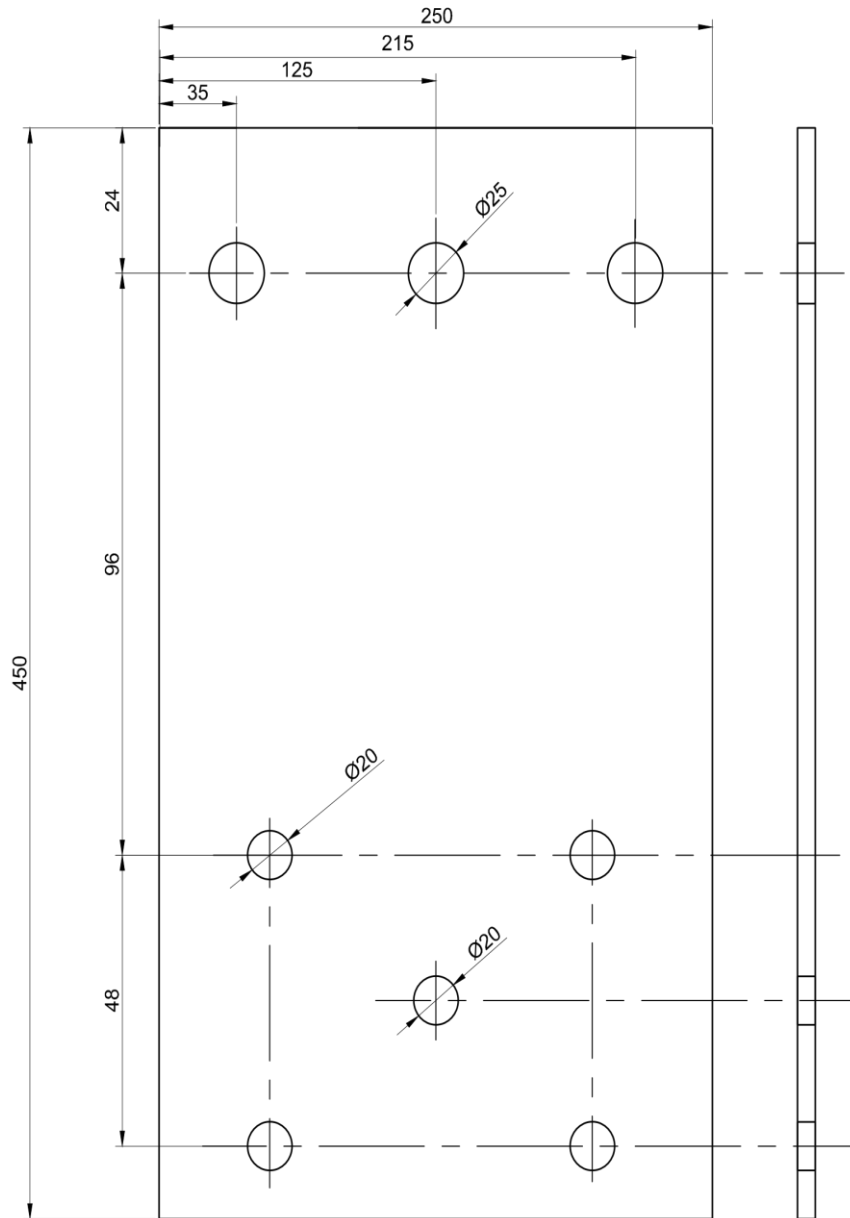
Vista de perspectiva de estructura metálica



Tratamiento Térmico	N/A	Material	Inoxidable (Tubo cuadrado 1 $\frac{1}{4}$ ")
Tratamiento Térmico	N/A	Dimensiones Brutas.	(132.5 x 75 x 60) cm
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA	UPS	Diseñado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Dibujado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Revisado:	Ing. Carmen Johana Celi Sanchez
ESTRUCTURA METALICA	Escala: 1:10		Tol. Gral. +/- 0,1

ANEXO 2

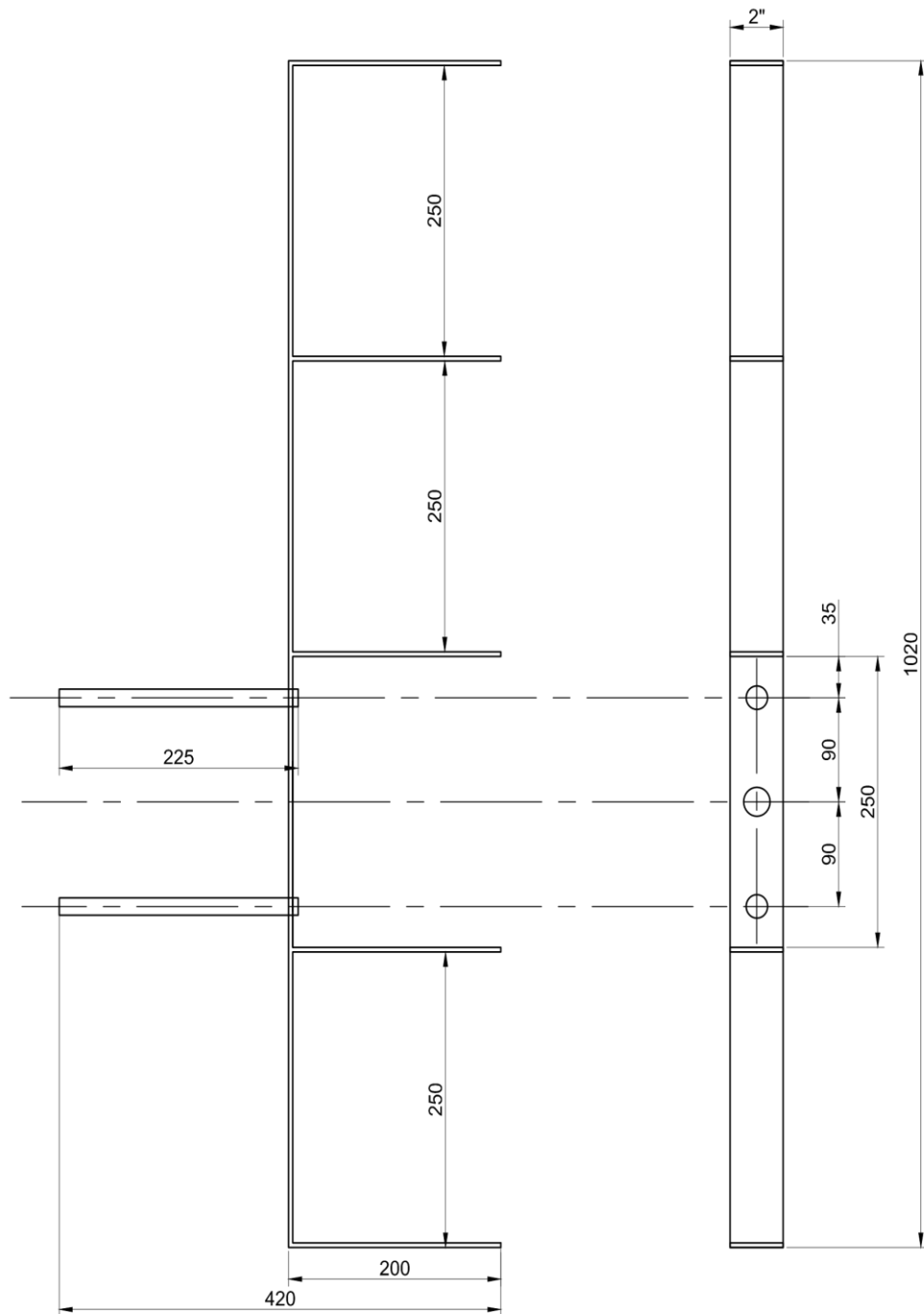
Plano constructivo de soporte móvil de manipulador.



Tratamiento Térmico	N/A	Material	Inoxidable (Tubo cuadrado 1 $\frac{1}{4}$ ")
Tratamiento Térmico	N/A	Dimensiones Brutas.	(450 x 250 x 8) mm
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA	UPS	Diseñado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Dibujado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Revisado:	Ing. Carmen Johana Celi Sanchez
ESTRUCTURA METALICA	Escala: 1:3		Tol. Gral. +/- 0,1

ANEXO 3

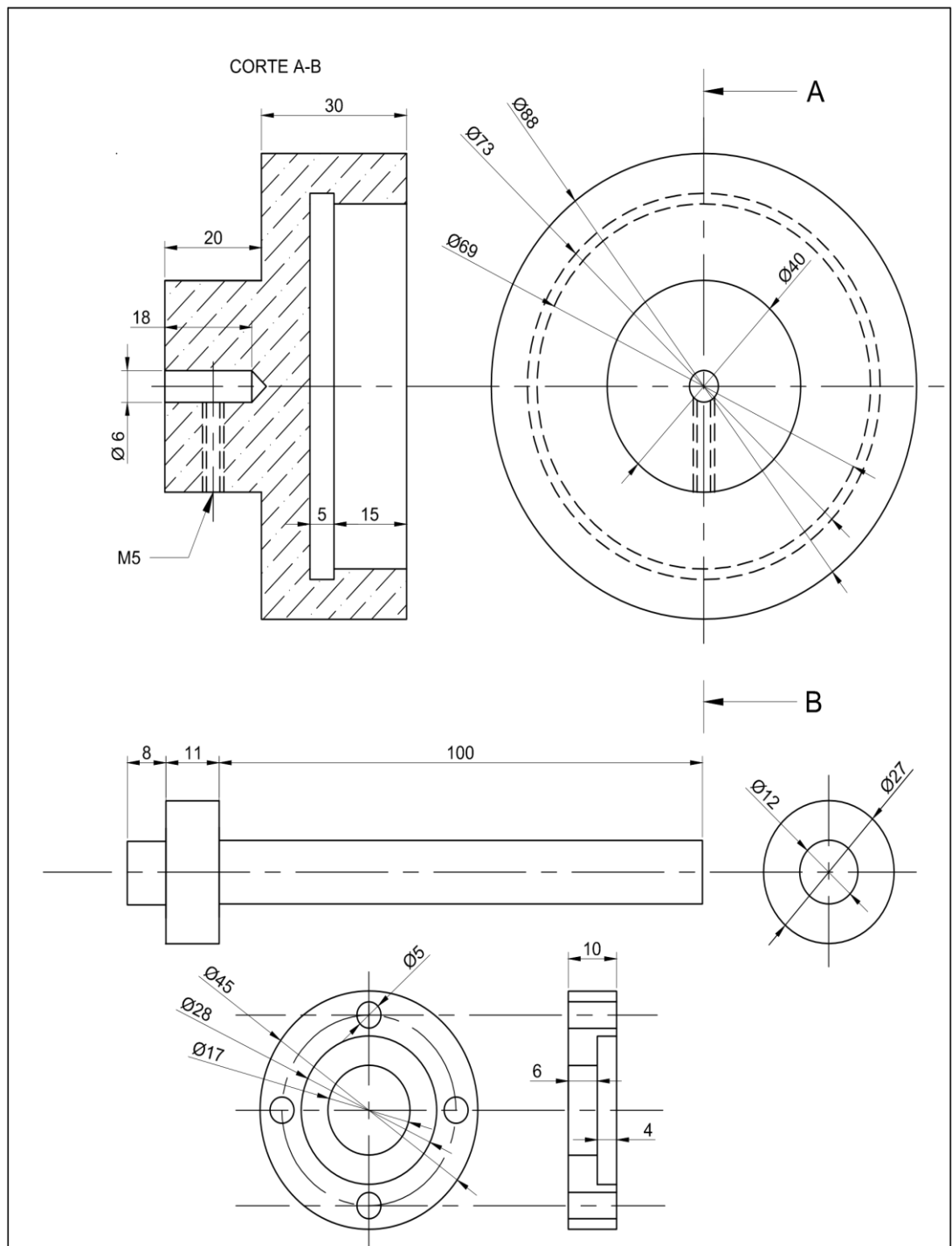
Plano constructivo de manipulador móvil



Tratamiento Térmico	N/A	Material	Inoxidable (Platina 2" x $\frac{1}{16}$ ")
Tratamiento Térmico	N/A	Dimensiones Brutas.	(132.5 x 75 x 60) cm
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA	UPS	Diseñado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Dibujado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez
		Revisado:	Ing. Carmen Johana Celi Sanchez
ESTRUCTURA EMPUJADOR	Escala: 1:5		Tol. Gral. +/- 0,1

ANEXO 4

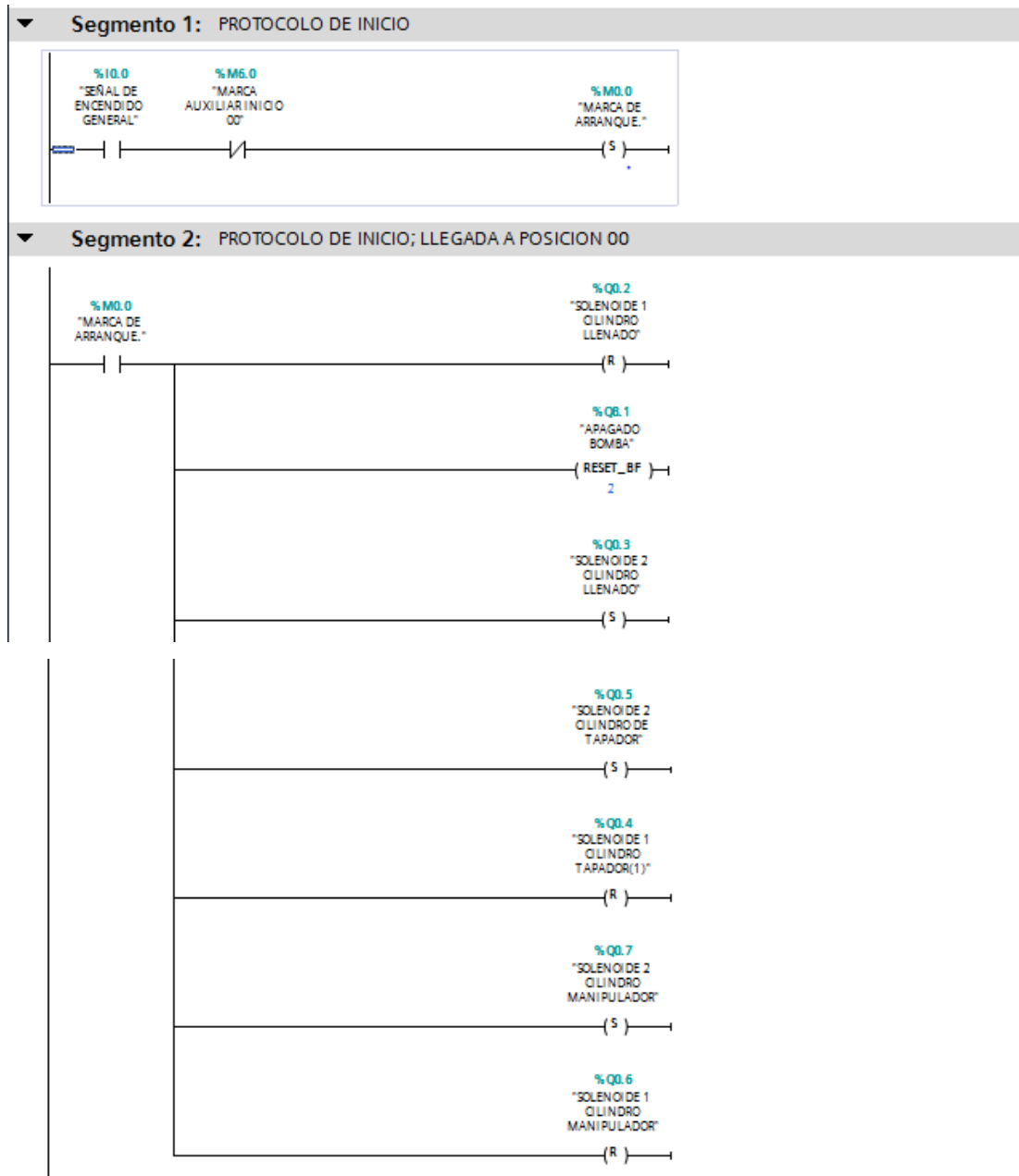
Plano constructivo de soporte para boquillas, boquillas y tapadora

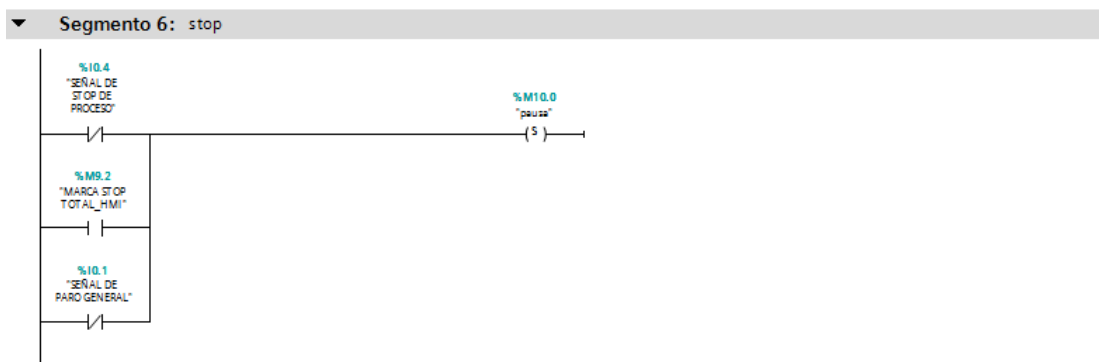
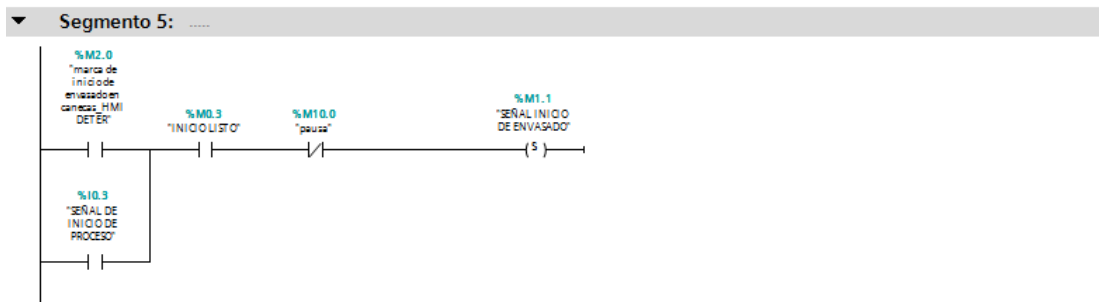
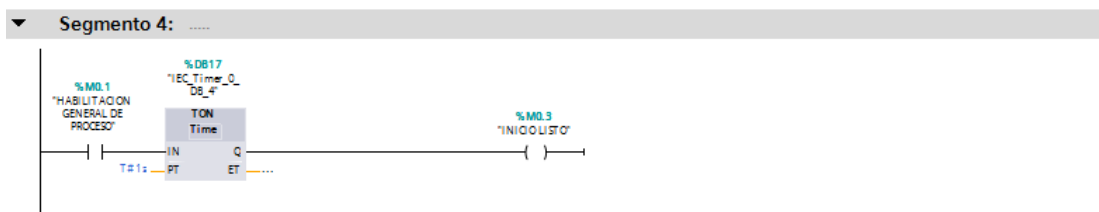
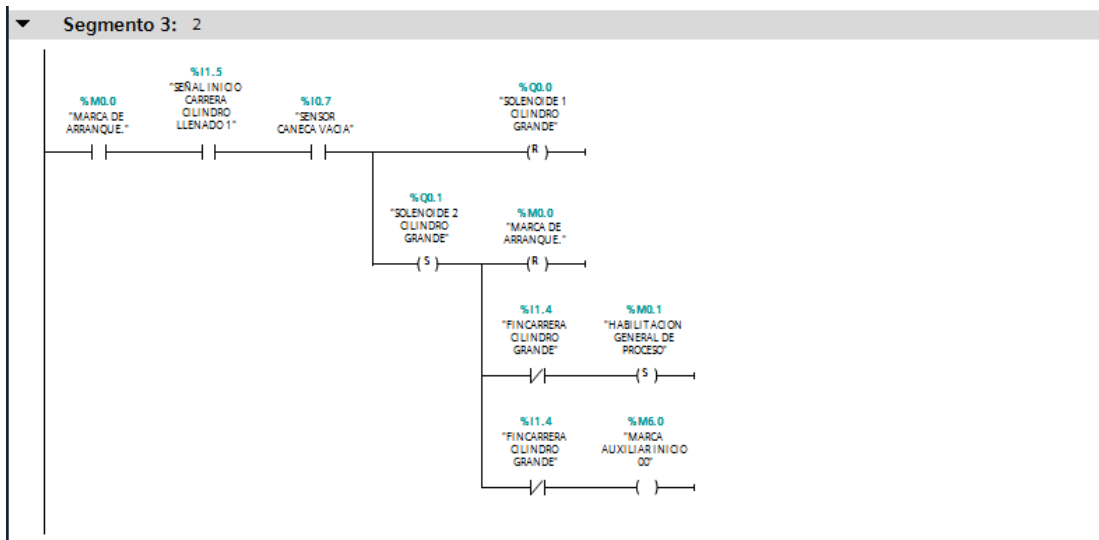


Tratamiento Térmico	N/A	Material	TEFLON	
Tratamiento Térmico	N/A	Dimensiones Brutas.	VARIAS	
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRONICA		Diseñado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez	11-05-2018
		Dibujado:	Miguel Angel Bonilla Gonzalez	10-05-2018
		Revisado:	Ing. Carmen Johana Celi Sanchez	
DISTRIBUIDOR DE TAPAS		Escala:	1:1	Tol. Gral. +/- 0,1

ANEXO 5

Programación de PLC





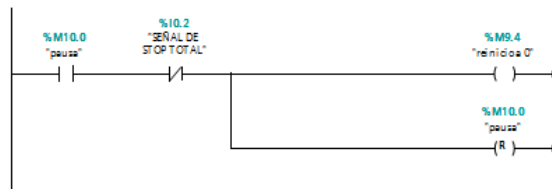
▼ Segmento 7: stop (reinicio)



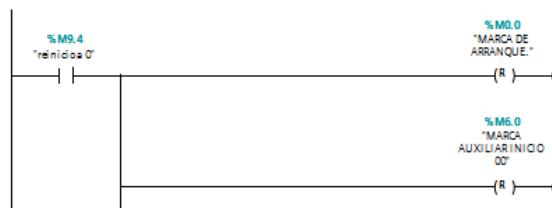
▼ Segmento 8:

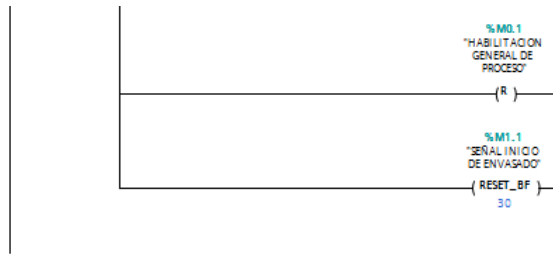


▼ Segmento 9:

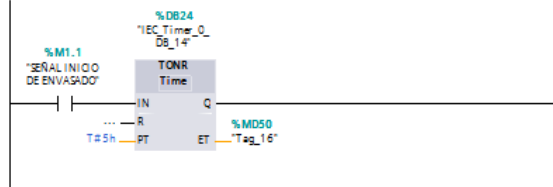


▼ Segmento 10:





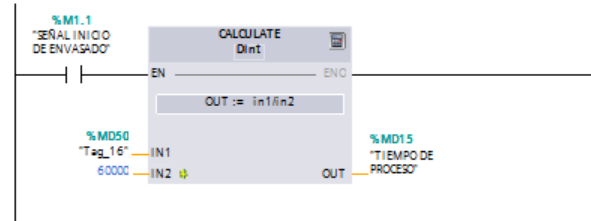
Segmento 11:



Segmento 12:



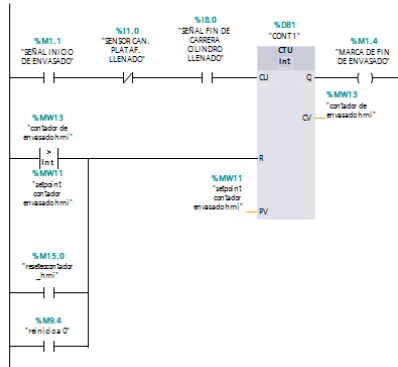
Segmento 13:



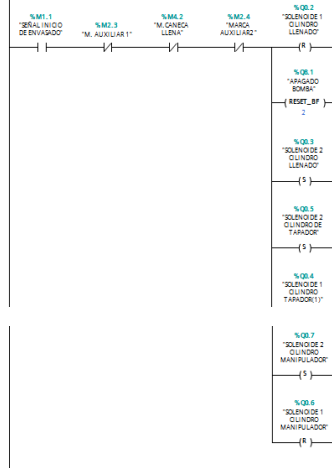
MAIN ENVASADO PRODUCTO

► Título del bloque: envasado sellador

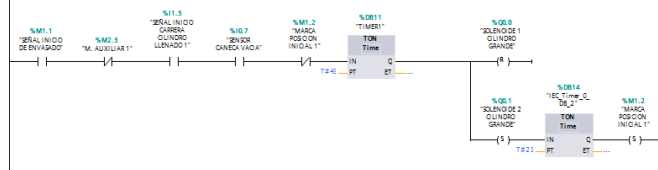
▼ Segmento 1: CONTADOR DE CANECAS



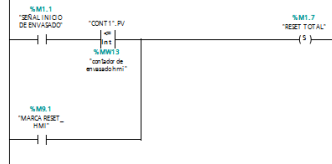
▼ Segmento 2: PROTOCOLO DE INICIO; LLEGADA A POSICION 00



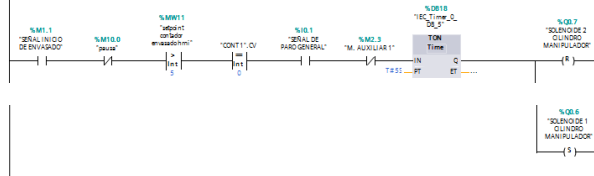
▼ Segmento 3: PROTOCOLO DE ARRANQUE 2



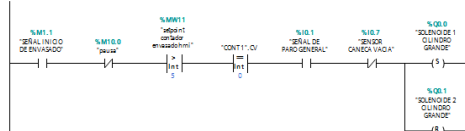
▼ Segmento 4: FIN DE PROSESO Y RESET.



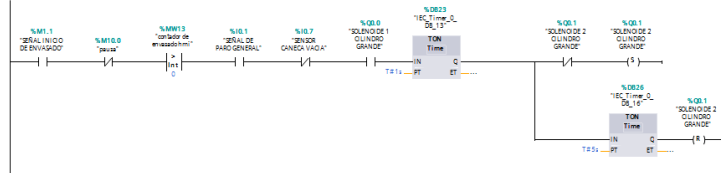
▼ Segmento 5: DETECCION DE CANECA VACIA PRIMER MOVIMIENTO.



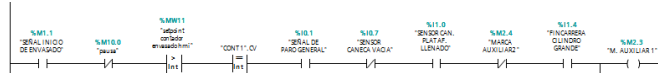
▼ Segmento 6: CANECA VACIA 2 MOVIMIENTO



▼ Segmento 7: 24V

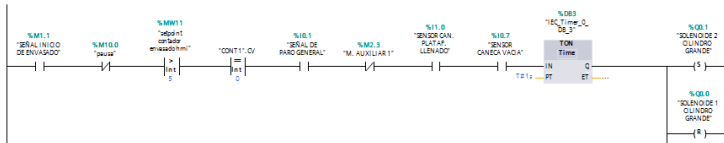


▼ Segmento 8: INICIO DE ENVASADO

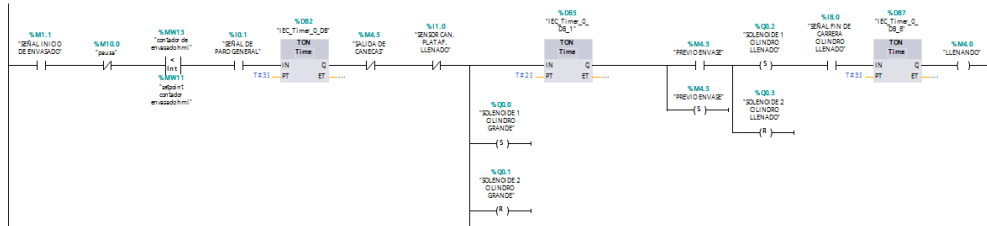




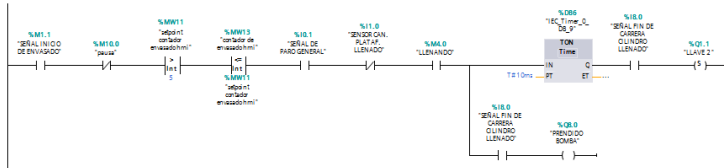
Segmento 9: COLOCACION DE CANECA EN PLATAFORMA



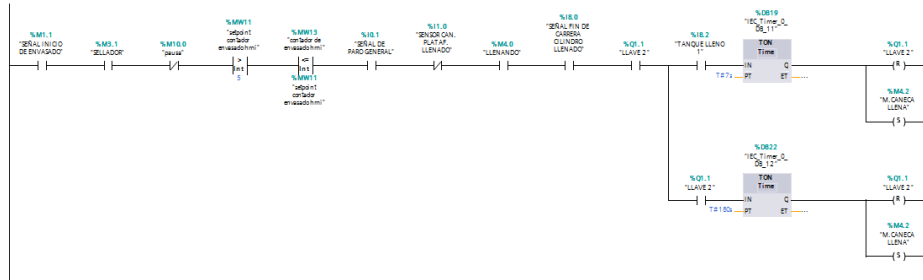
Segmento 10: CANECA EN ENVASADO



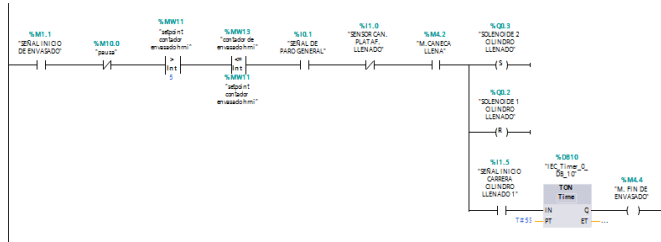
Segmento 11: APERTURA DE LLAVE DE ENVASADO



Segmento 12: DETECCION CANECA LLENA



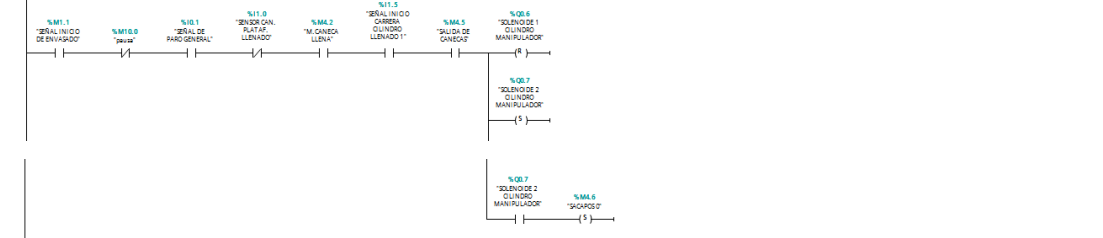
Segmento 13: FIN DE ETAPA DE ENVASADO



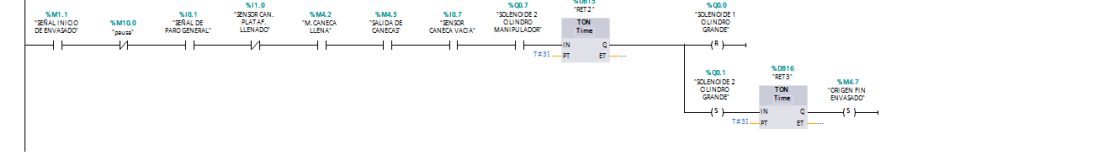
▼ Segmento 14: SEÑAL PARA SALIDA DE CANECAS



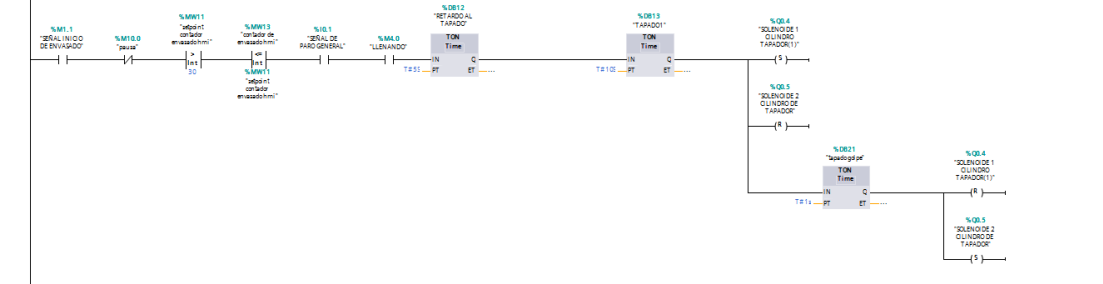
Segmento 15: EXTRACCION DE CAÑECA



▼ Segmento 16: EXTRACCION DE CANECA 2



▼ Segmento 17: COLOCACION DE TAPA



Segmento 18: RESETEO DE MARCAS Y NUEVO INICIO

